

Vergleiche von physikalisch-therapeutischen
Maßnahmen (Heißpackungen) bezüglich der
thermophysikalischen Eigenschaften
am Modell und an Probanden

Hans Hermann Bloching

1402



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und
Klimatologie der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Heinrich Drexel

Vergleiche von physikalisch-therapeutischen Maßnahmen
(Heißpackungen) bezüglich der thermophysikalischen
Eigenschaften am Modell und an Probanden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Hans Hermann Bloching
aus Marktoberdorf

München
1982



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. W. Schnizer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. H. Drexel

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1982

Inhaltliche Gliederung

	Seite
1. Einführung in die Problemstellung	5
2. Methodik	
2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen	9
2.1.1 Packungsarten	9
2.1.2 Versuchsraum	10
2.1.3 Versuchspersonen	12
2.1.4 Phantom	13
2.2 Meßwerterfassung für T und ΔQ -Verläufe	
2.2.1 Funktionsprinzip	14
2.2.2 Meßverstärker und Schreiber	16
2.2.3 Eichung	19
2.3 Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	22
3. Ergebnisse	
3.1 Vorversuche mit Heißpackungen	27
3.2 Hauptversuchsreihen zum Temperatur- und Wärmestromdichteverlauf	34
3.2.1 Variierende Phantomtemperaturen	34
3.2.2 Verschiedene Packungsarten	36
3.2.2.1 am Phantom	36
3.2.2.2 an Versuchspersonen	39
3.2.3 Varianzanalyse	48
3.3 Ergebnisse mit weiteren Meßgrößen	
3.3.1 Messung der Hautwasserabgabe	53
3.3.2 Beurteilung der Erytheme	55
3.3.3 Fragebogen zum subjektiven Befinden der Probanden	57

	Seite
4. Diskussion	62
4.1 Methodendiskussion	63
4.2 Beurteilung der Ergebnisse	64
4.3 Weitere therapeutische Überlegungen	72
5. Zusammenfassung	77
6. Literaturverzeichnis	79
7. Anhang	83
8. Danksagung	90
9. Lebenslauf	91

1. Einführung in die Problemstellung

Lokale thermotherapeutische Maßnahmen

Wärmeanwendungen zählen zu sehr alten Therapieformen. Heiße Bäder und Packungen wurden nicht nur dort appliziert, wo die Natur dem Menschen Thermalquellen und brodelnd heiße vulkanische Erden beschert hatte, sondern finden überall, auch in der Heimbehandlung Anwendung.

Heute haben lokale Wärmeanwendungen ihren festen Platz in der täglichen Praxis vieler medizinischer Fachgebiete gefunden wie Orthopädie, Chirurgie, Gynäkologie, Innere Medizin usw. Bei diesen örtlich streng begrenzten Applikationen ist es möglich, mit höheren Temperaturwerten zu arbeiten, ohne dabei die Körpertemperatur allgemein zu steigern (JUNGMANN 28).

Für Heißpackungen steht uns eine reiche Auswahl an verschiedenartigen Materialien zur Verfügung (DREXEL 11). Die meisten dieser Präparate sind in der Praxis langlebig und ihre speziellen Anwendungsmodi sind schon von der Erfahrung her festgelegt (RULFFS 38, HARTOGH 24). Wissenschaftliche Untersuchungen sollen für diese Erfahrungen eine quantitativ besser begründete Basis schaffen (KLEINSCHMIDT, SCHNIZER 33).

Physikalische Grundüberlegungen

Die Behandlungsverfahren der Thermotherapie sind aus physikalischer Sicht durch die Art und Weise zu kennzeichnen, wie das Temperaturfeld im Organismus geändert wird (DIRNAGL 4). Es handelt sich darum, daß zwischen zwei verschieden temperierten Körpern das Betreiben besteht, ein thermisches Gleichgewicht herzustellen. Einzelheiten hierzu sind z.B. in Arbeiten über physikalische und physiologische Grundlagen des Wärmeaustausches von ASCHOFF (2), DIRNAGL (6, 7), DREXEL (13, 17), FRAY (18), FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20), HENSEL (25) und

WITZLEB (49) enthalten. Die wichtigsten Gesichtspunkte kann man wie folgt zusammenfassen:

Wärmeübertragung bedeutet den Transport von kinetischer Energie, bedingt durch die Bewegung der Moleküle von einem Körper auf einen anderen Körper.

Aus einer Aufstellung von DIRNAGL (4) können wir für verschiedene thermotherapeutische Behandlungen Merkmale des Wärmetransports entnehmen:

	Richtung	Dosierung	Herkunft	(äußerer) Transport	Angriff
	Zufuhr Z Entzug E Wechsel W	Temperatur Leistung δ Dauer L D	Speicherwärme Nachschub S N Konversion K	Leitung Konvektion L K Strahlung S	Hautoberfl. Tiefe O T
Teilbäder	Z E W	δ (D)	S N	L K	O
Güsse Washungen	Z E W	δ (D)	N	K	O
Wickel	Z E	δ D	S (K)	L	O
Auflagen	Z E	δ D	S N	L	O
Eisbetupfung	E	D	N	L K	O
Packungen					
Brei	Z	δ D	S	L	O
Paraffin	Z	D	S ((K))	L	O
Turbatherm	Z	D	S K	L	O
Chloräthyl-Spray	E	D	N K	L	O
Licht / Wärme- Bestrahlung	Z	L D	N K	S	O ((T))
Hochfrequenz	Z	L D	N K	S	T
Ultraschall	Z	L D	N K	(S)	O T
		+ Topo- graphie (+ Material)			

Tab.1: Wärmetransport bei thermotherapeutischen Maßnahmen nach DIRNAGL (4)

Die Wärmeübertragung kann auf drei Arten erfolgen: Leitung, Konvektion und Strahlung. Von Leitung spricht man, wenn Wärme von einem Materialteilchen auf ein unmittelbar benachbartes übertragen wird. Eine Konvektion findet statt, wenn ein Molekül mit seinem Wärmeinhalt seine Lage im Raum ändert. Bei der Strahlung wird an der Körpergrenzfläche Wärme in strahlende Energie umgewandelt und auf einem anderen Körper wieder in Wärme zurückverwandelt. Das umgebende Medium wird dabei nicht erwärmt.

Bei der Anwendung von Heißpackungen wird die Wärmeenergie durch Leitung übertragen. Über die physiologischen Wirkungen lokaler Wärmereize wurde von ASCHOFF (2), HENSEL (25), JUNGSMANN (28) und WITZLEB (49) geforscht. Nach WITZLEB führen thermische Reize im wesentlichen zu:

- lokale Wirkungen
- reflektorische Wirkungen
- Einflüsse auf die Bluttemperatur und
- humoral-hormonale Wirkungen.

Nach DISCHAUER (8) erreicht man durch Wärmereize vor allem eine Hyperämisierung der oberflächlichen Gewebsschichten sowie eine Verminderung der Gewebsspannung.

Als Dosisgröße für thermotherapeutische Behandlungsverfahren ist nicht so sehr die Temperatur von wesentlicher Bedeutung. Wichtiger ist die pro Zeiteinheit in ein bestimmtes Gewebsvolumen transportierte Wärmemenge, also die Wärme-Dosisrate, die wir in der Wärmestromdichte $\frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}}$ messen. +)

+) SI-Einheiten: $1 \frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}} = 42 \frac{\text{W}}{\text{sec}} = 0,667 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Hier und im folgenden wird abkürzungs halber für die Wärmestromdichte das Symbol ΔQ verwendet.

Die in der Praxis verwendeten Packungen wirken am Anfang nach dem theoretischen Schema der eingepprägten Temperatur, im weiteren Verlauf nähern sie sich demjenigen der eingepprägten Wärmedosisrate (DIRNAGL 4). Experimentelle Arbeiten zum Wärmestromverlauf liegen von FRAY (18), DREXEL (14), FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20) vor. Es mangelt jedoch an neueren Untersuchungen, die Temperatur und Wärmestromdichteverlauf verschiedener moderner Heißpackungen im Vergleich zeigen. In der vorliegenden Arbeit sollten solche Verläufe für 6 verschiedene Anwendungsformen am Modell und an Versuchspersonen ermittelt werden.

Aus der praktischen Erfahrung und den Grundlagenforschungen von HENSEL (25) und ASCHOFF (2) zur Temperaturregulation wissen wir, daß verschiedene Körperregionen und Gewebsarten unterschiedlich auf Wärme reagieren. Zur Frage, wie sich die Wärmeaufnahme und der Temperaturverlauf an verschiedenen Körperstellen unterscheidet, sollte daher ebenfalls Stellung genommen werden.

Ein Spruch sagt: "Die Einbildung macht die Leut krank, sie macht sie aber auch wieder gesund!" Die Einstellung des Patienten zur Therapie und sein subjektives Empfinden derselben gegenüber haben einen hohen, wenn auch schwierig meßbaren Einfluß auf ihre Wirkung. Eine Befragung nach dem Empfinden und der Beurteilung der Anwendungen kann einen kleinen Beitrag dazu leisten, die psychologischen Gesichtspunkte bei solchen Therapieformen zu klären.

Daraus ergeben sich folgende FRAGESTELLUNGEN für unsere Untersuchungen:

1. Vergleich von 6 verschiedenen Heißpackungen bezüglich objektiver Meßgrößen (ΔQ , T)
2. Gegenüberstellung der Verläufe am Phantom und am Menschen
 - a) mit verschiedenen Ausgangstemperaturen des Modells
 - b) an unterschiedlichen Körperstellen
3. Wie beurteilen die Probanden die Anwendungen?

2. Methodik

2.1 Allgemeine Versuchsbedingungen

2.1.1 Packungsarten

Aus der Vielzahl an angebotenen Heißpackungen wählten wir nach zwei Grundüberlegungen aus: Zum ersten sollten die verbreiteten Präparate zur Anwendung kommen, zum zweiten sollte der Einfluß der verschiedenen Aufbereitungsarten verglichen werden.

Aus der Gruppe der Pelloide (pelos -gr- = Schlamm) wählten wir: Naturmoor in seiner althergebrachten Anwendungsform; Das Peloid wird in einer Moormühle auf 50°C erhitzt und direkt auf die zu behandelnde Körperstelle aufgelegt und anmodelliert. +)

Wärmeträger ascend: Hier wird das Moor einerseits in Plastikbeutel eingeschweißt und nur als Wärmesponder verwendet; zusätzlich wird ein dünner Beutel mit dem gleichen Peloid gefüllt, dessen Unterseite aus einem permeablen Vliespapier besteht. Diese ca. 3 mm starke Packung wird bei Zimmertemperatur unter die auf mehr als die üblichen 50°C erhitzte Heißpackung gelegt. Dieser neuartigen Anwendungsmethode liegt die Idee zugrunde, daß durch die dünne Folienpackung ein langsam ansteigender Temperaturverlauf und durch den heißeren Wärmeträger eine längere Wärmeabgabe erzielt wird.

Eifelfango (Fangotherm) ist eine in der Praxis und auch in der Heimbehandlung sehr verbreitete Heißpackung. Sie besteht aus einem vulkanischen Tuff (terrestres Peloid). ++)

+) Hersteller: Gebrüder Haslauer, Salzburg

++) Hersteller: Graf Metternich KG, Bad Neuenahr

Das gemahlene und windgesichtete Sediment (RULFFS, 38) ist in einen Leinenbeutel eingenäht, der im Wasserbad aufquillt.

Heilerde aus Gars am Inn wurde uns als weiteres terrestrisches Lockersediment vom Institut für Wasserchemie und chemische Balneologie der TU München zur Verfügung gestellt. Ein Gutachten (QUENTIN, UDLUFT, 37) weist es als für balneologische Zwecke geeignet aus.

Parafango di Bataglia ist ebenfalls eine sehr viel verwendete Heißpackungsart. Hier sind dem Peloid Paraffin, Ceresin, Talk und Magnesiumoxyd beigelegt. Die Packung nimmt dadurch einen wachsartigen Charakter an.

Aus der Gruppe der feuchtheißen Packungen griffen wir zum Kneipp'schen Heusack: Wir verwendeten Einmal-Heusäcke. +) Das Heublumenhäcksel ist von mittlerer Korngröße (FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH, 20), der Sack aus durchlässigem Vliespapier.

Eine Übersicht zu einigen Kenngrößen der verwendeten Packungen ist in Tabelle 2 wiedergegeben.

2.1.2 Versuchsraum

Die Versuche fanden statt in einem vollklimatisierten Raum mit konstanter Temperatur von 24°C und einer relativen Luftfeuchte von 48-60 %, bei der sich nach Untersuchungen von ANGELE (1) die Probanden thermoregulatorisch indifferent verhalten.

Die Versuchspersonen hielten sich jeweils bereits 30 min. vor Versuchsbeginn im Raum auf, um sich zu akklimatisieren.

+) Hersteller: Gebrüder Haslauer, Salzburg

Packung	Art	Dichte g/ml	Wasserbindungs- kapazität (1g bindet xg H ₂ O)	spez. Wärme $\left(\frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}\right)$	Wärmeleit- zahl $\left(\frac{\text{cal } 10^{-3}}{\text{cm sec } ^{\circ}\text{C}}\right)$	Pack- gewicht (g) ca.
Naturmoor	aquatisches Peloid Hochmoortorf	1,027	15,2 +)	0,95	1,241	1000
Wärmeträger ascend	"	"	"	"	"	2400
Eifelfango	terrestr. Peloid vulk. Tuff	2,71	0,37 ++)		2,464	1150
Heilerde Gars/Inn	minerogenes Peloid	1,55	0,58 +++)			1000
Parafango	terrestr. Peloid + Paraffin	1,48	--	0,700	0,59	900
Heusack	Heublumen- häcksel	je nach Befeuch- tung 0,4-0,6	2,5-3,0			600

Tab. 2: Übersicht der verwendeten Packungsarten

+) (40).
++) (40)
+++ (37)

2.1.3 Versuchspersonen

Unsere durchschnittlich gesunden Versuchspersonen waren 3 Männer und 2 Frauen im Alter von 23 bis 40 Jahren. Die Anzahl der Versuchspersonen wurde innerhalb der technischen und finanziellen Möglichkeiten zu Gunsten von maximal 3 Wiederholungen auf 5 Probanden beschränkt gehalten: Eine Verdoppelung des Probandenkollektivs hätte die Signifikanz der interindividuellen Unterschiede nicht wesentlich verbessert, bei gleichbleibender Versuchsgesamtzahl wäre jedoch die Möglichkeit, intraindividuelle Schwankungen zu erkennen, geschwunden.

Eine Übersicht zu Alter, Geschlecht und Konstitution geht aus Tabelle 3 hervor.

	Geschlecht	Alter	Gewicht (kg)	Größe (cm)
Vp 1	weibl.	30	67	180
Vp 2	männl.	40	75	175
Vp 3	männl.	26	73	179
Vp 4	weibl.	23	60	162
Vp 5	männl.	27	83	173

Tab. 3: Probandenkollektiv

Man erkennt, daß eine Einteilung nach normalgewichtigen und adipösen Versuchspersonen möglich ist (Vp 4 und Vp 5 sind übergewichtig). Zusätzlich wollten wir noch eine sechste, ebenfalls adipöse Versuchsperson hinzuziehen, dies ließ sich allerdings in dem vorgegebenen Zeitraum nicht verwirklichen.

2.1.4 Versuche am Phantom

Für die Versuche am Modell benutzten wir das von DIRNAGL und DREXEL (14) entwickelte Phantom. Es besteht aus einem faßförmigen Wasserbehälter aus Kupfer, der der Thoraxform gleicht. Zur Simulation des Wärmeübergangswiderstandes der Körperoberfläche ist der Behälter mit einer isolierenden Folie überzogen. Durch ein eingebautes Heizgerät ist es auf konstanter Temperatur zu halten. Ein ebenfalls eingebautes Rührwerk ermöglicht einen Wärmeabfluß von der Behälterinnenseite, der mit dem Wärmeabstrom unter der Haut über die Blutbahn vergleichbar ist.

Fassungsvermögen: 20,75 liter

Wärmekapazität: $W = mc = \frac{40}{41}$

System mit H_2O $= 4,5 \frac{kcal}{1^{\circ}C}$

Ableitungen: siehe Anhang S. 88

2.2 Meßapparatur

2.2.1 Funktionsprinzip

Die Meßmethode der Wärmestromdichte beruht darauf, daß in den zu messenden Wärmestrom eine dünne Hilfsschicht eingeschaltet wird, an der sich eine Temperaturdifferenz einstellt. Diese Differenz dient als Maß der durchgegangenen Wärmemenge pro Zeiteinheit. Hierzu verwendeten wir Meßfolien aus früheren Untersuchungen (DREXEL, 14). Diese Meßinstrumente wurden im Institut für Med. Balneologie und Klimakunde der Universität München gebaut (SEDLMEIER, 43). Wir arbeiteten in den Hauptversuchen immer mit derselben Folie.

Das Meßprinzip der Folie war schon früher unter dem Begriff "Hilfswandcalorimetrie" bekannt (43). Dabei liegen auf beiden Seiten eines planparallelen Wärmewiderstandes (Hilfswand), der senkrecht zum Wärmestrom eingeschaltet ist, paarweise korrespondierende Thermoelemente. Diese sind gegeneinandergeschaltet, so daß nur bei einer Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Hilfswand eine meßbare Spannung resultiert. Mehrere solcher Thermoelementpaare in Serie geschaltet, erhöhen die Gesamtspannung, die sich nach entsprechender Eichung in Wärmestromdichte umrechnen läßt.

Bei der DREXEL'schen Folie handelt es sich um ein abschnittsweise verkupfertes Konstantanband, das so um einen Ring aus Hostaphanfolie als Wärmewiderstand gewickelt ist, daß sich eine sternförmige Anordnung ergibt (Abb.1). Beginn und Ende eines Verkupferungsabschnittes liegen dabei einander genau gegenüber. In der Mitte dieses umwickelten Ringes kommt noch ein Thermoelement aus hartverlötetem Konstantan- und Manganindraht zu liegen, das zur Messung der Temperatur an der Hautoberfläche dient. Wärmestromdichte sowie Temperaturmesser werden zwischen zwei Deckfolien eingeklebt, um mechanischen Schutz und elektrische Isolation zu gewährleisten (SEDLMEIER 43).

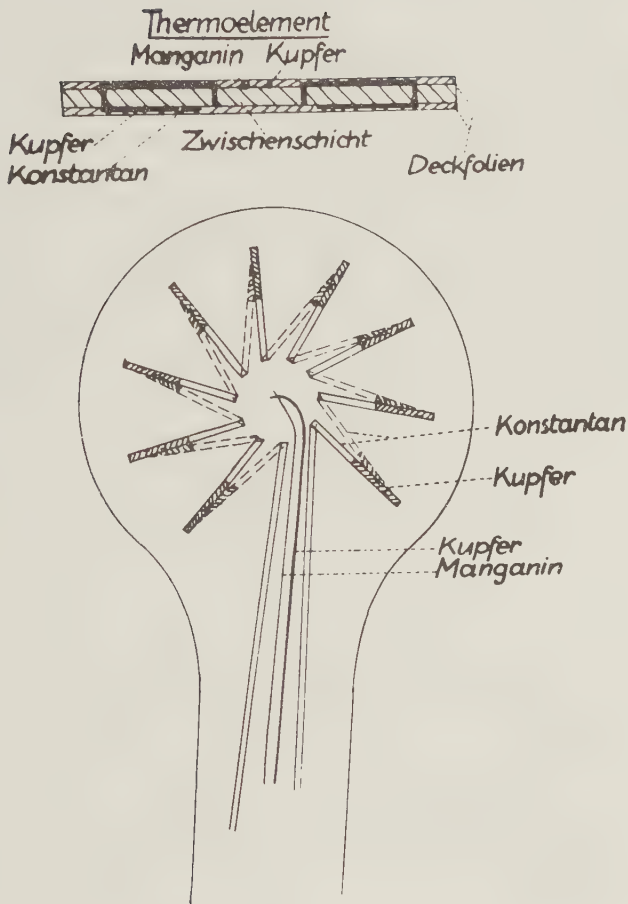


Abb.1: Folienwärmestrommesser nach DREXEL

2.2.2 Meßverstärker und Schreiber

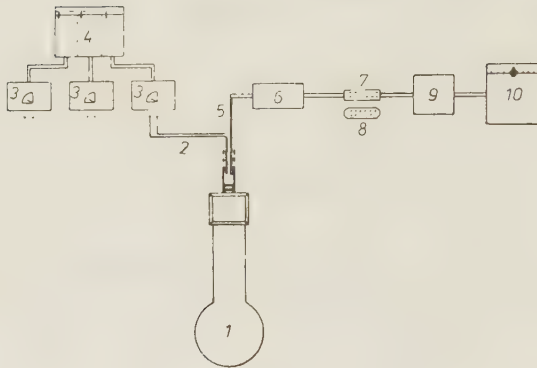


Abb. 2: Schematische Darstellung der Meßvorrichtung

- 1 Meßfolie
- 2 Drähte des Wärmestrommessers
- 3 Kompensationsverstärker
- 4 Dreifachschreiber
- 5 Drähte des Thermoelements
- 6 Thermostat
- 7 Buchse
- 8 Steckereinsatz
- 9 Potentiometerschaltung
- 10 Kompensationsverstärker und Schreiber

(nach SEDLMEIER 43)

Die Signale der Wärmestromdichtefolie und der Eichfolie wurden zu den drei Verstärkern und dem angeschlossenen Dreikanalschreiber weitergeleitet. Es handelt sich um einen Kompensationsverstärker, der nach dem lichtelektrischen Kompensationsverfahren arbeitet. Ein praktisch richtkraftloses Spiegelgalvanometer als Steuerungsorgan gewährleistet eine verzögerungs- und verzerrungsfreie Verstärkung kleiner Gleichspannungen. Das Gerät besitzt fünf Meßbereiche, deren empfindlichster bei Vollausschlag 0,5 mV anzeigt, während im Meßbereich der geringsten Verstärkung eine Spannung bis 30 mV registriert werden kann. Die Signale der drei Kompensationsverstärker werden auf einem Dreikanalschreiber registriert. Die Spannung des an der Meßstelle angebrachten Thermoelements wird mit der eines Thermoelements verglichen, das an einen Thermostaten angeschlossen ist, der auf 35°C aufgeheizt wird. Das bedeutet, daß bei 35°C Meßtemperatur die zum Verstärker gelangende resultierende Spannung 0,0 mV beträgt. Dieses Funktionsprinzip haben wir schon bei unserem Wärmestrommesser kennengelernt, mit dem Unterschied, daß dort beide Thermospannungen variieren können. Für die Temperaturaufzeichnung stand ein 12-Punkte-Schreiber zur Verfügung. Bereits während der Vorversuche mußten wir jedoch, wegen technischer Mängel, auf einen Schreiber ausweichen, mit dem wir auch weitergearbeitet haben. Der Verstärker kompensiert die zu messende Spannung mittels eines Servosystems. Außerdem enthält der Meßkreis einen temperaturabhängigen Widerstand, so daß Temperaturmessungen mit automatischer Vergleichsstellenkompensation durchgeführt werden können. Wir beließen diesen Widerstand jedoch an einer genau fixierten Stellung und regelten den Meßbereich direkt am nachgeschalteten Phillipsschreiber.

+) F. Gossen



Abb. 3 zeigt die Versuchsanordnung und einen Probanden während eines Versuchs

2.2.5 Eichung

Eichung des Thermoelements

Die Zuordnung von Thermospannung und Temperatur geschieht durch einen einfachen Eichvorgang. In eine Thermosflasche wird Wasser eingefüllt, dessen Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ mit einem geeichten Thermometer gemessen wird. Die Meßfolie wird darauf in das Gefäß gehalten und Thermospannung am Gerät abgelesen. Dieser Vorgang wird mit hinreichend vielen verschiedenen Temperaturen wiederholt. Aus diesen Werten läßt sich dann ein Eichfaktor errechnen (34). Dieser Eichfaktor betrug bei uns $1,02 \frac{\text{cm}}{^{\circ}\text{C}}$.

Da wir auch an den absoluten Temperaturen interessiert waren, mußten wir noch die absolute Temperatur des Elektrischen Nullpunktes unseres Schreibers ermitteln. Hierzu diente uns eine Eichkurve (siehe Abb. 4).

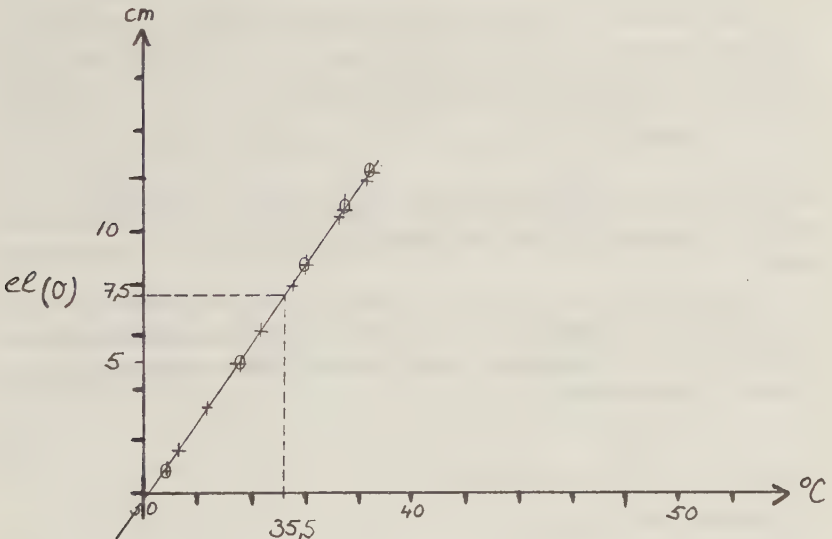


Abb. 4: Eichkurve zur Bestimmung der Temperatur des elektrischen Nullpunktes

+ Eichung

⊗ Eichkontrolle

Eichung des Wärmestrommessers

Eine weit verbreitete Methode, die auch von DREXEL und DIRNAGL empfohlen wurde, basiert auf einer Anordnung von zwei HENSEL'schen Meßköpfen (DREXEL 14).

Da uns eine von der RdF Corporation hergestellte Meßfolie +) (Micro-Foil Heat Flow Sensor) zur Verfügung stand, die auf drei Stellen genau geeicht war, wollten wir diese zur Eichung benutzen. Dieser mit einer Eichurkunde versehene Wärmestrommesser hat eine Fläche von etwa 4 cm x 1,5 cm und ist wesentlich dicker als die DREXEL'sche Folie; aus diesem Grunde kann sie auch nicht als direkte Meßfolie verwendet werden. Aus dem Vergleich der Spannungen und dem Eichwert der gekauften Folie läßt sich dann für unsere Meßfolie leicht der Zusammenhang zwischen resultierender Thermospannung und Wärmestromdichte errechnen.

Wir verwendeten die Eichsonde bei allen Versuchen gleichzeitig mit der Meßfolie und errechneten aus 24 Eichpunkten von 14 Kurven den Eichfaktor für unsere Meßfolie.

$$\text{Meßfolie : Eichfolie} = 0,725 \text{ EM} : 1 \text{ EM}$$

Mittels der von RdF Corporation mitgelieferten Calibrierungstabelle konnten wir nun den Eichwert für unsere Folie errechnen.

Da wir immer im Meßbereich 2,5 mA = 1,5 mV arbeiteten, der einem Schreiberausschlag von 6 cm entsprach, ergab sich folgender Zusammenhang:

+) Hudson, New Hampshire

Wärmestrom = Spannung = Stromstärke = Schreiberausschlag

$$1,605 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}} = 1 \text{ V (RdF)}$$

$$250 \text{ V} = 0,416 \text{ mA} = 1 \text{ cm}$$

$$11,146 \frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}} = 1 \text{ cm}$$

Die Tabelle der RdF gibt auch an, daß die Eichwerte bei 70°F (= 21°C) gelten. Unser Meßbereich lag zwischen 30°C und 40°C, hierfür ergibt sich laut RdF-Kurve ein Multiplikationsfaktor von 0,98.

<u>gemessener Wert</u>		<u>RdF-Faktor</u>		<u>wahrer Wert</u>
11,146 $\frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}}$	x	0,98 (35°C)	=	10,923 $\frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}}$

Mittels des Umrechnungsfaktors für unsere Folie (0,725) ergibt sich schließlich die aus Meßwerten berechnete Wärmestromdichte:

$$1 \text{ cm Schreiberausschlag} = 250 \text{ V} = 8,076 \frac{\text{mcal}}{\text{cm}^2 \text{sec}}$$

Für davon abweichende Schreiberausschläge wurden einfache Dreisatzrechnungen angewandt, da wir von einem linearen Zusammenhang innerhalb unseres Meßbereichs ausgingen.

2.3 Versuchsplan und Versuchsdurchführung

Nach einer Reihe von Vorversuchen (siehe auch 3.1), die vor allem der Auswahl von Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Packungsarten dienten, aber auch meßtechnische Verbesserungen erbrachten, war es möglich, einen Versuchsplan aufzustellen.

Für die Hauptversuchsreihen ergaben sich daraus folgende Einteilungen:

Versuche mit variierenden Temperaturen des Phantoms:

Die ausgewählten Temperaturen (25, 32, 37°C) sollten einem unterkühlten, einem normalen und einem febrilen Zustand gleichen. Als Packungsart wurde der Wärmeträger ascend bei 65°C herangezogen. Es fanden 3 Wiederholungsversuche statt.

Versuche mit verschiedenen Packungsarten am Phantom und an Probanden

Bei sechs verschiedenen Applikationsarten, die jeweils an drei verschiedenen Körperstellen angewandt wurden, ergab sich mit den fünf Versuchspersonen folgender Versuchsplan. Er ermöglichte uns, für alle wichtigen Permutationen eine ausreichende Anzahl von Versuchen durchzuführen.

Am Phantom wurden alle Versuche dreimal durchgeführt.

Die Reihenfolge, in der die Packungen aufgeführt sind, hat sich während der EDV-Auswertung zufällig ergeben; es soll keine wertende Folge dargestellt werden, wir verwenden sie aus Gründen der Einheitlichkeit weiter.

Packungs- art	Phantom	Vp 1	Vp 2	Vp 3	Vp 4	Vp 5
Wärme- träger ascend	+++	+	++	+	+	+++
Parafango	+++	+++	+	+	+	+
Moorbrei	+++	+	+	+	+++	+
Heilerde	+++	+	+++		+	+
Heusack	+++	+	++	+	+++	
Fangotherrn	+++	+	+	++	+	+++

Tab. 4: Versuche mit verschiedenen Packungsarten

Versuchsdurchführung

Bei der Aufbereitung und Erwärmung der Packungen gingen wir folgendermaßen vor:

Naturmoor, Heilerde und Parafango wurden mit einer Moormühle +) mit eingebautem Thermostat auf 50°C erwärmt. Hierbei konnte das Moor gebrauchsfertig verwendet werden, sowie auch die Parafangoplaten nur schmelzen und die gleichmäßige Temperatur erreichen mußten.

Anders bei der Heilerde: Hier wurden die getrockneten Stücke aus der Probebohrung erst zerkleinert und gesiebt. Die getrocknete Erdprobe wurde jetzt mit Wasserüberschuß eine Woche stehengelassen und nach dem Abgießen erhielten wir das gebrauchsfertige Peloid.

+) Hersteller: Conzen

Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Packungen untereinander zu erzielen, wurden sie immer auf dieselbe Weise zubereitet. Es wurden jeweils die gleichen Mengen in eine rechteckige Form gegossen, um die gleiche Grundfläche und Schichtdicke zu erzielen (20 cm x 20 cm x ca. 2 cm).

Als zusätzliche Kontrolle zum Thermostat wurde jede Packung vor dem Auflegen mit einem geeichten Thermometer nachgemessen und nur bei Temperaturen zwischen 49,5 und 50,5°C angelegt.

Die Wärmeträger ascend und Fangotherm wurden ebenfalls je eine Stunde erwärmt, beide im Wasserbad in einem Wärmeschrank +). Die auf 65°C erwärmten Wärmeträger wurden auf die dünnen Naturmoor-Einmalpackungen gelegt und dann zusammen appliziert. Diese Fliespackungen nehmen laut Hersteller während der Behandlung Schweiß auf, der zu einer Entmischung des Moores führt; eine mehrmalige Verwendung ist dadurch nicht möglich. Auch ist sehr genau darauf zu achten, daß nur frisch aus der Packung entnommene Naturmoorpackungen verwendet werden, denn ist die Packung zu trocken, kann es zu Verbrennungserscheinungen kommen (RULFFS 38).

Fangopackungen werden im Dampf oder Wasserbad erwärmt und müssen leicht ausgedrückt werden, so daß kein Wasser mehr heraustropft.

Beim Erwärmen der Heusäcke richteten wir uns ebenfalls nach der vom Hersteller vorgeschlagenen Methode: Die Säcke mit getrocknetem Heublumenhäcksel wurden kräftig befeuchtet und dann im Kottermann-Schrank eine Stunde bei 80°C bedampft. Durch heftiges Schütteln wurden sie anschließend auf 50°C abgekühlt. Die exakte Temperatur haben wir durch eine Thermometermessung an einem zweiten, gleichzeitig bedampften Sack bestimmt.

+) Hersteller: Kottermann

Wie FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20) festgestellt hatten, nimmt die Wasserbindungskapazität von mehrmals verwendeten Heusäcken deutlich ab. Sie empfehlen, die Säcke nur zwei bis dreimal zu verwenden. Wir benutzten Einmal-Heusäcke, von mittlerer Häckselgröße.

Wie bereits erwähnt, kam es vor allem auf größtmögliche Vergleichbarkeit von Packungsgrößen und Temperaturen an. Deshalb sind wir von den in GROBER's Lehrbuch der Physikalischen Therapie (16) empfohlenen Packungstemperaturen abgewichen. Wir haben für Pelloide die Temperatur von 43 bis 45°C auf 50°C angehoben, da die Paraffin-Packungen diese Temperatur erfordern. So hatten alle Packungen beim Auflegen 50°C, mit der Ausnahme von den Wärmeträgern, die bei 65°C zusammen mit der zimmertemperierten Vliespackung aufgelegt wurden.

Anlegen der Packungen

Am Phantom haben wir Meß- und Eichfolie, wie bei den Probanden, mit einer Wärmeleitpaste versehen aufgesetzt und zusätzlich durch Klebestreifen gesichert. Durch ein Handtuch und ein zusammengelegtes Frotteetuch erreichten wir einen ähnlichen Anpressdruck und eine Abdeckung wie bei den Versuchspersonen.

Bei den Probanden entschieden wir uns nach den Vorversuchen für Schulter, Hüfte und Knie als Applikationsorte. Die Schulter wählten wir, weil hier Knochen, Muskulatur und durchschnittlich viel subcutanes Fettgewebe zu finden sind. An der Hüfte legten wir die Packung über der crista iliaca auf. Dies ist eine Stelle bei der bei weiblichen und auch bei adipösen männlichen Versuchspersonen das subcutane Fettgewebe besonders ausgeprägt ist. Als Anwendungsort an einer Extremität wählten wir das Knie. Hier finden wir im allgemeinen einen hohen Knochen- und Skelettmuskulaturteil mit relativ wenig Fettgewebe. Die Meßsonden wurden an der Tibiainnenseite seit-

lich der tuberositas tibiae angelegt. Die Packungen wurden dann mit zwei Tüchern am Probanden angewickelt, um den nötigen Anpressdruck zu erzielen. Anschließend deckten wir die Versuchsperson mit einer Wolldecke zu. Dies verringert den Wärmeabstrom nach außen; FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH stellen z.B. fest, daß durch Abdeckung die Anwendungsdauer beim Heusack um zehn Minuten verlängert werden konnte (20).

Die Heißpackungen wurden an jeder Körperstelle je 20 Minuten aufgelegt (HARTOGH 24) und es wurde jeweils nur eine Packung appliziert. Die Reihenfolge der Körperstellen haben wir ständig gewechselt, um die Entstehung eines systematischen Fehlers zu vermeiden.

Beachtung der Tagesrhythmik der Hauttemperatur

Alle Versuche wurden in einem jahreszeitlich geschlossenen Abschnitt, von Januar bis März durchgeführt. Die Versuchspersonen wurden jeweils zur gleichen Tageszeit zu den Versuchen bestellt.

Wie ASCHOFF (2) und TRINKER (45) beschreiben, ist die Hauttemperatur von den Tagesrhythmen der Kerntemperatur abhängig. Unsere Versuche fanden in den Nachmittagsstunden statt, die nach HILDEBRANDT (27) in der Entwärmungsphase liegen. Durch diese Berücksichtigung der Tagesperiodik erhofften wir uns eine möglichst ähnliche Ausgangssituation bei den Versuchspersonen.

Zusätzlich wurden bei den Probanden nach Abnahme der Packung

- die Hautwasserabgabe (HWA) bestimmt,
- das entstandene Erythem beurteilt und
- der Fragebogen: "Subjektive Angaben der Versuchspersonen" ausgegeben.

3. Ergebnisse

3.1 Vorversuche mit Heißpackungen

Die Vorversuche mit Heißpackungen hatten zum Ziel:

- Wahl der benutzten Ablesezeitpunkte (t) aus den stetigen Kurvenverläufen
- Entscheidung zur Applikationsweise, d.h. ob die Packungen mit oder ohne Abdeckung verwendet werden sollten
- Bestimmung der zu verwendenden Packungstemperatur für den Wärmeträger ascend
- Auswahl der Körperstellen, an welchen die Packungen angelegt werden sollten

Wahl der t -Punkte: Wir entschieden uns für 5 Meßzeitpunkte, die wir auf die Meßstrecke gleichmäßig verteilten. Lediglich Zeitpunkt t_1 setzten wir nach einem kürzeren Intervall von 2 Minuten, da hier die Maxima der T-Verläufe liegen und der initial aus dem Meßbereich hinausschießende ΔQ -Verlauf eindeutig abzulesen ist.

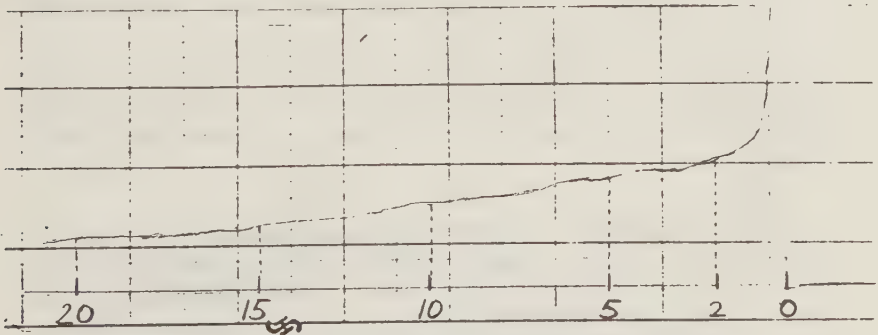


Abb. 5: Originalkurve des ΔQ -Verlaufs mit den gewählten Meßzeitpunkten und dem initial über die Meßbereichsgrenze hinausschießenden Zeigerausschlag

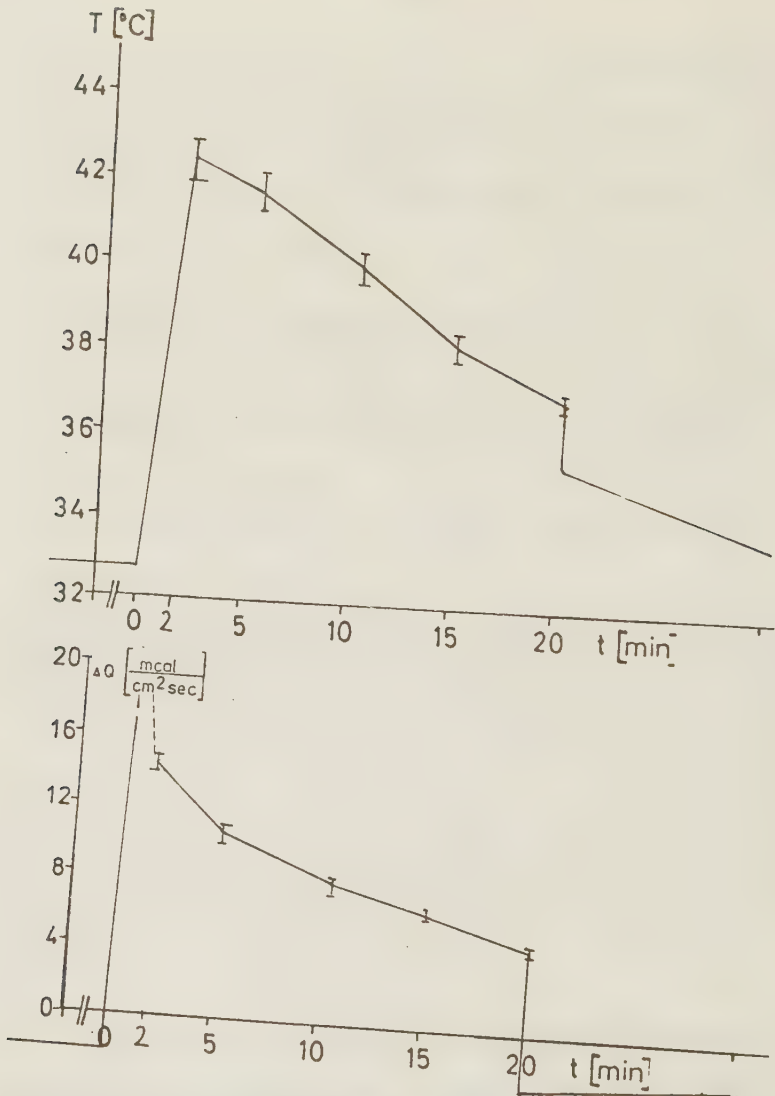


Abb. 6 kann als typisches Beispiel für Heißpackungsverläufe gelten. Sie zeigt die gemittelten ($n=4$) Temperatur- und Wärmestromdichteverläufe bei einer Heusackanwendung an der Schulter.

Im Vergleich von Temperatur (T) und Wärmestromdichteverlauf (ΔQ) läßt sich folgendes über Heißpackungen aussagen:

In der Meßperiode vor Auflegen der Packung (5 min.) zeigt sich bei einer Hauttemperatur von $32,8^{\circ}\text{C}$, daß an der Meßstelle $2,5 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ vom Körper an die Umgebung abgegeben wird, dabei läuft der Wärmestrom jetzt noch vom Körper zur Umgebung.

Beim Auflegen der Packung (Zeitpunkt t_0) erfolgt ein initialer "Wärmestoss". Die Hitze geht sofort sehr stark auf die Haut über. Die Wärmestromdichte-Kurve übersteigt innerhalb der ersten Sekunden die Meßbereichsgrenzen und fällt dann fast ebenso schnell wieder in den Meßbereich zurück.

Die Temperaturkurve steigt langsamer und hat ihr Maximum bei ca. 2 Minuten. An diesem Meßpunkt ist eine Temperatur unter der Packung von $42,4^{\circ}\text{C}$ erreicht; die Wärmestromdichtekurve zeigt hier eine Wärmeeaufnahme von $144 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$.

Beide Kurven fallen jetzt weiter in einem für jede Packungsart typischen Verlauf ab. Am Ende der Meßzeit (nach 20 min.) liegt noch eine Temperatur von $36,6^{\circ}\text{C}$ und eine Wärmestromdichte von $22 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ an der Meßstelle vor.

Beim Abnehmen der Packung fällt die Temperatur auf $35,5^{\circ}\text{C}$. Der Wärmestromdichtefluß kehrt sich schlagartig wieder um und an der Meßstelle werden jetzt vom Körper $68 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ abgegeben.

Am Ende der Nachperiode (nach 10 min.) herrscht eine Hauttemperatur von $34,1^{\circ}\text{C}$ und eine Wärmestromdichte (WSD) von $-41 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$.

Ohne Abdeckung steigen ΔQ - und T-Verläufe langsamer an. Ihre Maxima liegen niedriger und sie fallen signifikant steiler ab. Das heißt, die Abdeckung wirkt sich auch auf die Anwendungsdauer aus. Im folgenden wurden alle Versuche mit Abdeckungen durchgeführt. Hierbei benützten wir an Versuchspersonen sowie am Phantom eine Wolldecke.

Dies steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen von FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20), die bei ähnlichen Untersuchungen am Heusack feststellten, daß durch Abdeckung die Applikationsdauer um 10 Minuten verlängert werden kann.

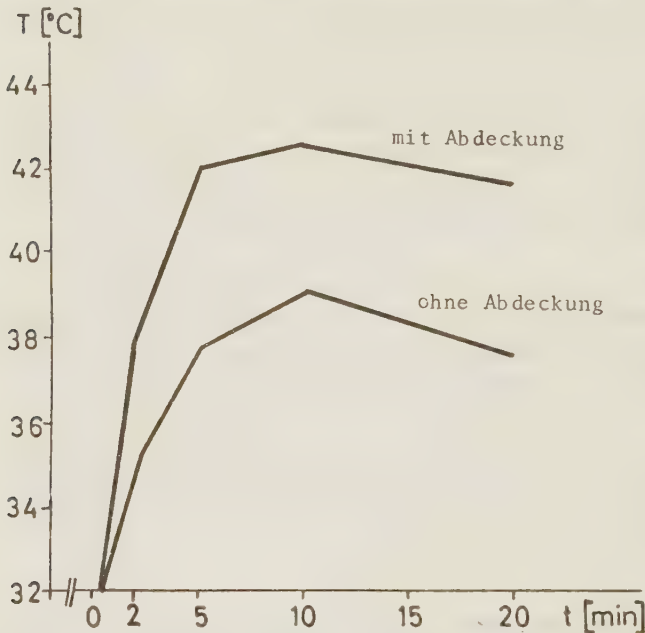


Abb. 7: Temperaturverläufe von Wärmeträger ascend mit und ohne Abdeckung (langsamer Anstieg und langes Anhalten relativ hoher Temperaturen)

Variierende Packungstemperaturen 60° - 65° - 70°C an Probanden

Die Ergebnisse der Tabelle 5 sind Mittelwerte über alle drei Körperstellen und Versuchspersonen. Außerdem wurde eine Reihe von Anwendungen zusätzlich mit einer Alufolie abgedeckt. Diese Versuche zeigten jedoch nicht die erwarteten Unterschiede, sie werden im folgenden nicht weiter besprochen.

Tabellen 5 und 6 und Abbildung 8 zeigen deutliche Unterschiede der drei Anwendungstemperaturen bei gleicher Streubreite. Je heißer die Packung, umso höhere Temperaturen und Wärmestromdichten werden erzielt. Zwei Versuche bei 70°C wurden nach 8 bzw. 11 Minuten abgebrochen, da die Probanden, die über die Packungstemperatur nicht unterrichtet waren, über zu große Hitze klagten. Für die weiteren Versuche entschieden wir deshalb, auch die vom Hersteller empfohlene Temperatur von 65°C zu verwenden.

Ein Teil der Vorversuche diente auch der Auswahl der Körperstellen an welchen die Applikationen und die Meßsonden angebracht werden sollten. Wir suchten drei verschiedene Körperstellen, die auch in der Praxis häufig therapiert werden. Es zeigte sich, daß die Stellen Schulter, Hüfte und Knie am meisten geeignet waren.

t min	60°C			65°C			70°C			65°C + Alufolie		
	ΔT	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	ΔT	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	ΔT	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	ΔT	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$
2		3,9	0,26		5,7	1,0		9,4	1,0		6,0	1,1
5		7,7	0,55		9,8	1,09		12,4	0,6		9,0	0,7
10		9,2	0,21		10,6	0,74		13,1	0,4		10,6	0,4
15		8,8	0,25		10,2	0,57		12,7	0,2		10,4	0,3
20		8,4	0,20		9,6	0,53		12,2	0,2		9,7	0,3

Tab. 5: Temperaturanstieg (ΔT) bei 3 verschiedenen Aufwärmtemperaturen der Packung "Wärmeträger ascend" an Versuchspersonen

	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$	$\bar{x}$	$\pm s\bar{x}$
2	8,0	1,12	12,0	1,2	18,4	0,8	10,4	1,6		
5	8,8	0,8	11,2	1,2	16,8	1,2	11,2	1,12		
10	8,0	0,9	11,2	1,2	16,8	1,2	11,2	0,8		
15	7,2	0,8	10,4	1,12	16,8	0,8	12,0	0,8		
20	7,2	0,7	10,4	1,0	16,0	0,4	11,2	0,8		

Tab. 6: Wärmestromdichte (ΔQ) bei 3 verschiedenen Aufwärmtemperaturen der Packung "Wärmeträger ascend" an Versuchspersonen

Die Ergebnisse von Tab. 5 + 6 sind Mittelwerte über alle drei Körperstellen "Schulter, Hüfte, Knie"

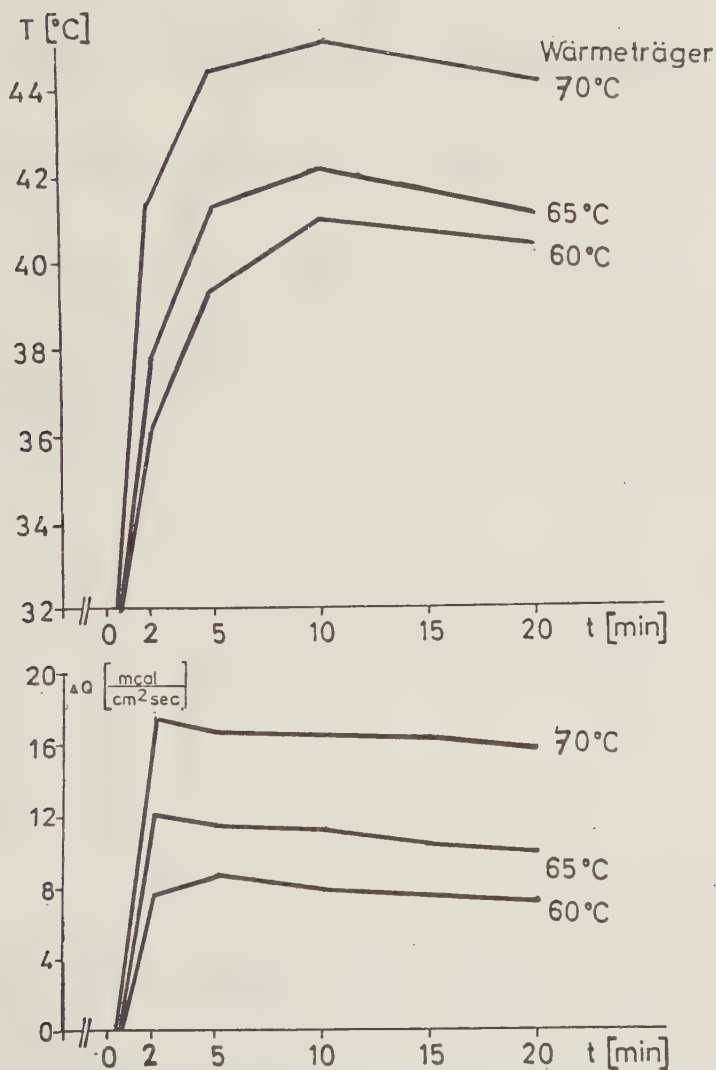


Abb. 8: T und ΔQ - Verläufe bei Packungstemperaturen von 60, 65 und 70°C an Versuchspersonen

Es zeigen sich deutliche Unterschiede der drei Anwendungstemperaturen: je heißer die Packung, desto höhere Temperaturen und Wärmestromdichten

3.2 Hauptversuchsreihen

Datenmaterial

die auf oben genannte Weise (siehe Methodenbeschreibung) gewonnenen Daten der einzelnen Versuche wurden für

3.2.1 Versuche mit variierenden Temperaturen des Phantoms

gemittelt aus je drei Versuchen. $S_{\bar{x}}$ wurde hier und auch bei den Untersuchungen der sechs verschiedenen Anwendungsarten am Modell mittels eines Statistikrechners (Texas instruments SR 52 PC 100 A) errechnet. Als Packungsmaterial verwendeten wir hier einheitlich Wärmeträge, ascend bei 65°C.

t min	Phantom 25°C			Phantom 32°C			Phantom 37°C		
	ΔT	$\bar{x}$	$\pm$	ΔT	$\bar{x}$	$\pm$	ΔT	$\bar{x}$	$\pm$
	°C	n=3	$S_{\bar{x}}$	°C	n=3	$S_{\bar{x}}$	°C	n=3	$S_{\bar{x}}$
2	8,9	0,4		6,9	0,6		4,3	0,5	
5	9,1	0,5		9,7	0,68		8,9	0,67	
10	7,4	0,6		9,4	0,5		9,6	0,6	
15	5,1	0,6		8,7	0,3		9,0	0,5	
20	3,3	0,78		7,5	0,3		8,4	0,34	

Tab. 7: ΔT -Werte bei verschiedenen Phantomtemperaturen

	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$
2	15,2	0,4		12,0	0,8		8,8	1,44	
5	16,0	0,52		12,6	0,5		11,2	1,68	
10	16,0	1,2		11,2	0,6		11,2	0,8	
15	13,6	0,8		10,4	0,8		10,3	0,6	
20	12,8	0,64		10,4	0,4		9,6	0,8	

Tab. 8: ΔQ -Werte bei Phantomtemperaturen von 25, 32 und 37°C

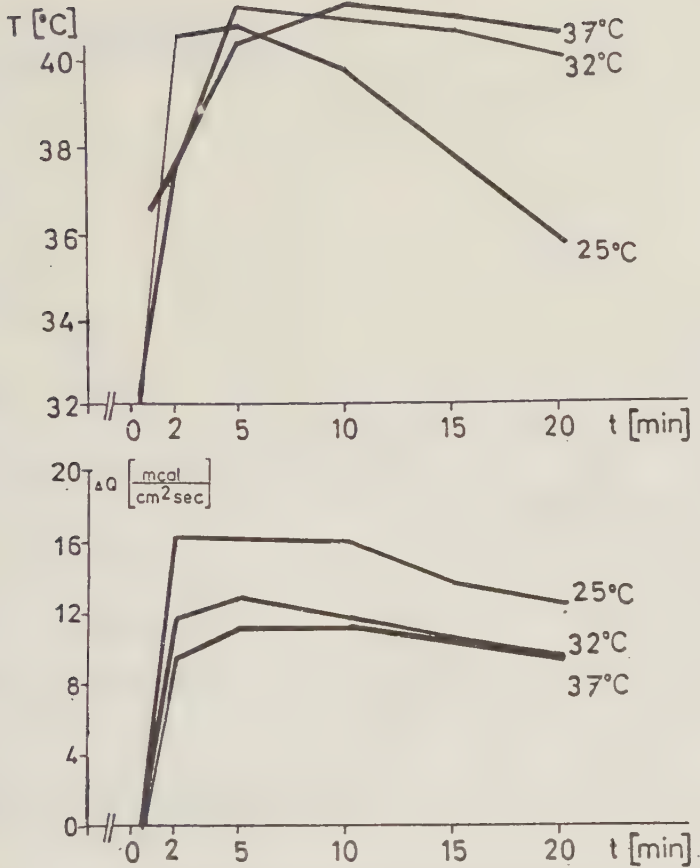


Abb. 9: T - und ΔQ -Verläufe bei Phantomtemperaturen von 25°C - 32°C - 37°C mit Wärmeträger ascend 65°C

Man erkennt eindeutig, je kälter das Phantom, umso steiler steigt die Temperatur unter der Packung an, aber auch umso rascher fällt sie wieder ab. Die Wärmestromdichte spiegelt dies ebenfalls wieder: Je wärmer die Phantomtemperatur, umso geringer die Wärmeaufnahme. Die weiteren Versuche am Phantom wurden bei 32°C durchgeführt, da dies der Hauttemperatur der Versuchspersonen am nächsten kam.

3.2.2 Versuche mit sechs verschiedenen Heißpackungsarten

I Wärmeträger ascend	65°C
II Parafango	50°C
III Moorbrei	"
IV Heilerde	"
V Heusack	"
VI Fangotherm	"

3.2.2.1 am Modell

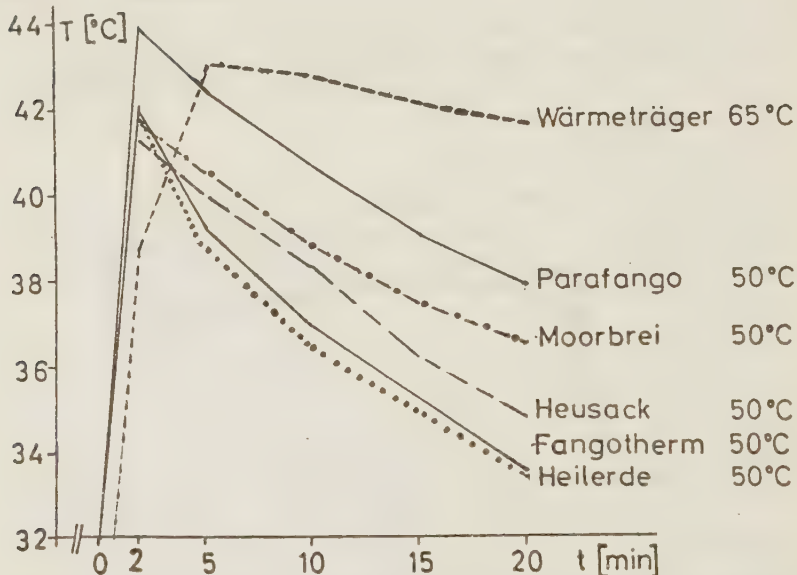


Abb. 10: Modellversuche zum Temperaturverlauf von verschiedenen Packungsmaterialien bei einer Phantomtemperatur von 32°C.

Die höchsten Temperaturspitzen werden von Parafango und Wärmeträger ascend erreicht. Diese beiden Packungsarten erzielen auch die größten Wärmestromdichten. Die weiteren vier Packungstypen liegen in ihren Temperaturmaxima zwar dicht aneinander, unterscheiden sich aber im weiteren Temperaturverlauf deutlich. So ist bei Naturmoor noch eine Temperaturerhöhung von 4,7°C nach 20 Minuten abzulesen; Heusack, Fangotherm und Heilerde liegen deutlich darunter.

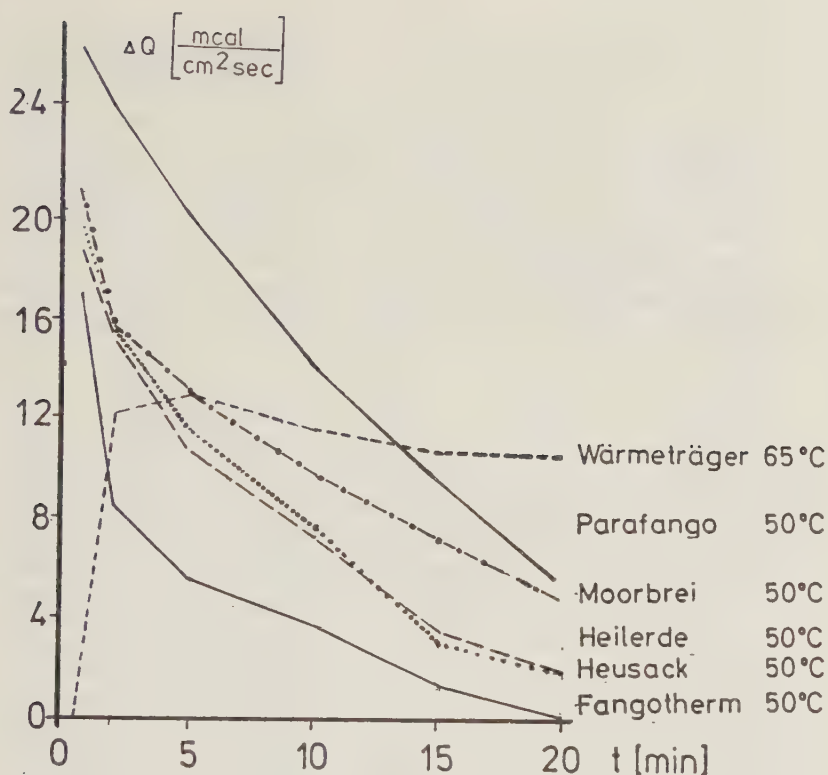


Abb. 11: Wärmestromdichteverläufe am Phantom (32°C Innentemperatur) mit sechs verschiedenen Heißpackungsarten

Die Reihenfolge der Wärmestromdichteverläufe: Parafango, in großem Abstand vor Naturmoor, Heilerde, Heusack und Fangotherm. Diese Kurven zeichnen sich durch einen steilen (über die Meßbereichsgrenzen hinausreichenden) Anstieg aus, sie fallen annähernd stetig. Die Wärmestromdichtekurve des Wärmeträgers ascend ist, wie ihre Temperaturkurve, durch einen flachen Anstieg und ein sehr langsames Fallen gekennzeichnet. Sie unterscheidet sich grundsätzlich von den anderen, bei denen das Wärmestromdichtemaximum im initialen Wärmestoss liegt und das Temperaturmaximum bei ca. 2 Minuten.

ΔT	Wärmeträger	Parafango	Moorbrei	Heilerde	Heusack	Fangotherrn
t min	65°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=4	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=3	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=3	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=3	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=3	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=3
2	7,4 0,9	12,2 0,3	9,9 0,3	9,2 0,4	9,3 0,1	10,0 0,4
5	11,3 0,74	10,3 0,69	8,1 0,37	6,8 0,66	7,2 0,16	7,3 0,56
10	11,0 0,5	8,3 0,4	6,4 0,3	4,1 0,5	5,5 0,1	4,7 0,5
15	10,1 0,3	6,6 0,3	5,4 0,2	2,3 0,3	3,1 0,08	3,0 0,3
20	9,3 0,2	5,5 0,3	4,7 0,2	1,4 0,3	2,6 0,09	1,8 0,1

Tab. 9: Meßwerte °C und $s_{\bar{x}}$ von ΔT bei 6 verschiedenen Packungsarten am Phantom

ΔQ	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
2	12,0 0,8	24,8 0,8	15,2 0,64	15,2 0,64	9,6 0,56	8,0 0,32
5	12,8 1,68	20,0 1,2	12,8 1,6	10,4 0,4	8,0 0,64	5,6 0,24
10	11,2 0,64	15,2 0,8	9,6 1,6	7,2 0,48	5,6 0,8	3,2 0,24
15	10,4 0,8	11,2 0,8	6,4 0,8	3,2 0,32	2,4 0,24	1,6 0,64
20	10,4 0,4	7,2 0,4	4,8 0,72	1,6 0,08	1,6 0,16	0,0 0,0

Tab. 10: Meßwerte mcal/cm²sec und $s_{\bar{x}}$ von ΔQ bei 6 verschiedenen Packungsarten am Phantom

Beim Wärmeträger erfolgt nach dem Auflegen ein umgekehrter WSD-Verlauf; d.h. durch die kühle (Raumtemperatur 24°C) Vliespackung geht der Wärmefluß zuerst vom Körper zur Packung, kehrt sich dann um und steigt langsam an. In den Graphiken kommt dies durch den späteren Schnittpunkt der Abszisse zum Ausdruck. Der initiale Wärmestoss unterbleibt völlig. Das WSD-Maximum liegt nach 5 Minuten bei $144 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ und ist damit genauso hoch wie z.B. bei Moorbrei zu diesem Zeitpunkt. Bei dieser Packung bleibt aber die WSD-Kurve bis hin zum Endpunkt nahezu konstant.

3.2.2.2 Versuche an Versuchspersonen

Die wie beschrieben gesammelten Meßdaten wurden nach folgenden Gesichtspunkten geordnet, auf Lochkarten übertragen und unter Benutzung von EDV-Programmen von DIXON (10) und KLEIN-SCHMIDT (31) ausgewertet.

Die Meßwerte von $T_{\text{abs.}}$ und ΔQ zu den Zeitpunkten: 2, 5, 10, 15 und 20 Minuten wurden:

- a) nach den sechs verschiedenen Packungsarten (s.o.) und nach
- b) den drei verschiedenen Anwendungsorten, Schulter, Hüfte, Knie unterteilt.
- c) Die Versuche wurden an insgesamt fünf Versuchspersonen durchgeführt, bei welchen
- d) bis zu drei Wiederholungsversuche je Applikationsart und Körperstelle gemacht wurden.

Insgesamt erhält man: 6 Packungsarten x 3 Orte x 5 Versuchspersonen x 3 Wiederholungen = 270 Zeilen mit den Meßwerten von $T_{\text{abs.}}$ und ΔQ zu den Zeitpunkten 2, 5, 10, 15, 20 min.; außerdem wurden die Maximalwerte mit eingegeben. Hieraus ergaben sich 3780 zu verarbeitende Einzeldaten.

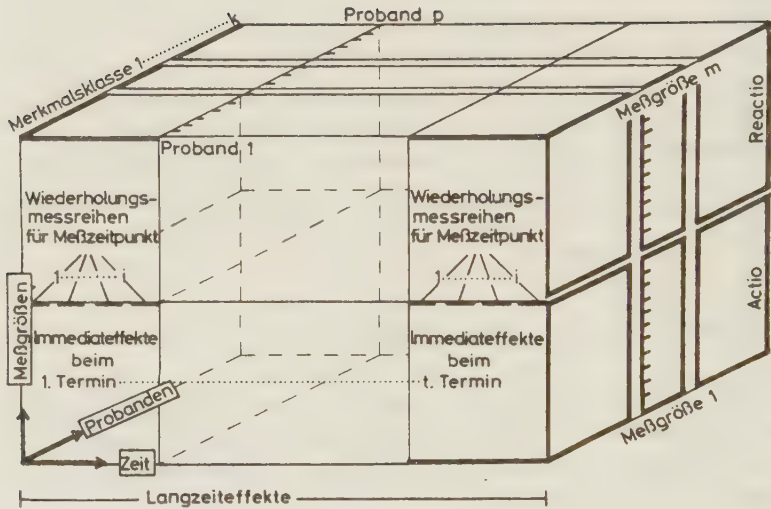


Abb.13: Modell der Datenstruktur nach KLEINSCHMIDT (31)

Korrelative Zusammenhänge zwischen Meßgrößen

Um einen Eindruck zur Aussagekräftigkeit der verschiedenen Meßgrößen zu bekommen, wurden aus den maximal

$$6 \times 3 \times 5 \times 3 = 270 \text{ Zählentupeln}$$

(Art) (Ort) (Vp) (Wh)

aus zwei gemessenen Werten ($T_{\text{abs.}}$ und ΔQ) die Korrelationskoeffizienten berechnet und die Zusammenhänge graphisch dargestellt (Abb. 15).

Korrelationskoeffizient: $r = 0,719$

bei 579 Freiheitsgraden

Bestimmtheitsmaß:

$$B = r^2 = 0,517$$

$$B = r^2 = 51,7 \%$$

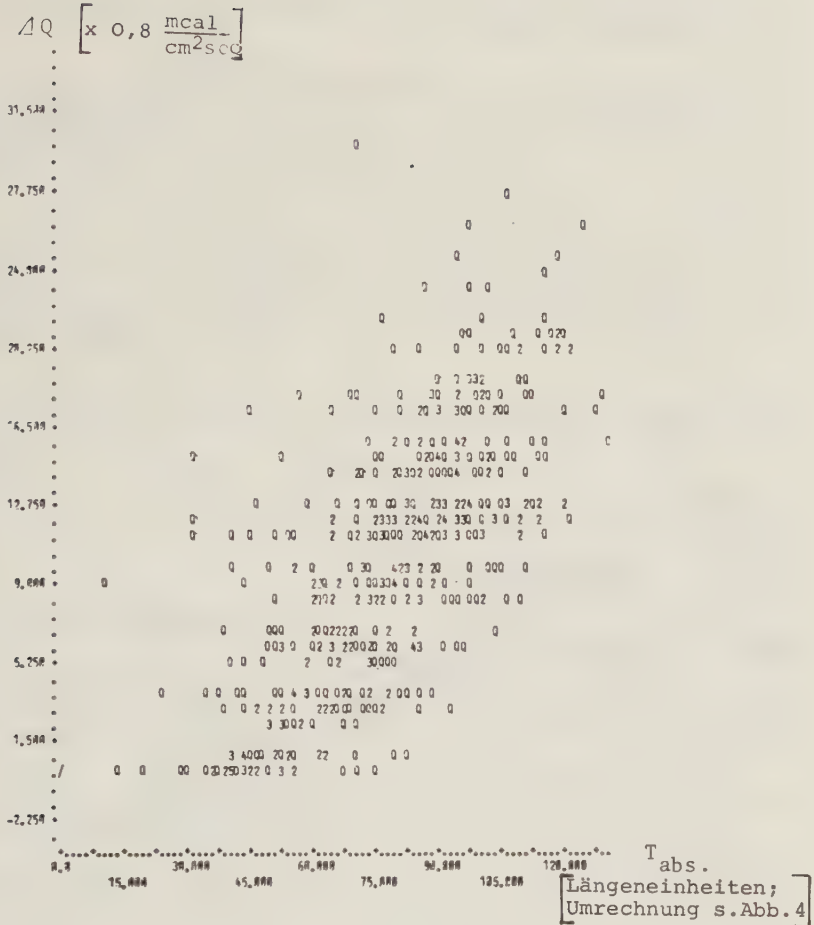


Abb. 13: Korrelative Zusammenhänge von T_{abs.} und ΔQ
 (graphische Darstellung)

Es herrscht eine hochsignifikante lineare Beziehung zwischen den Meßwerten von Temperatur und Wärmestromdichte. Allerdings ergibt sich aus der Berechnung des Bestimmtheitsmaßes ($B=r^2$), daß nur 51,7 % der Variabilität einer Meßgröße durch die andere "erklärbar" ist.

Zeitverlaufsdarstellung der Mittelwerte aus allen Versuchen bei Versuchspersonen

Ohne Berücksichtigung eventueller systematischer Unterschiede zwischen interindividueller Streuung (5 verschiedene Versuchspersonen) und intraindividuelle Streuung (3 Wiederholungen) kann man für jeden Meßzeitpunkt und jede Applikationsart einen Mittelwert samt zugehöriger mittlerer Streuung des Mittelwerts aus allen hierzu durchgeführten Versuchen berechnen. Man erhält dann, getrennt für die beiden Meßgrößen ($T_{\text{abs.}}$ und ΔQ) und die Körperstellen (Schulter, Hüfte, Knie) die Tabellen 11-16.

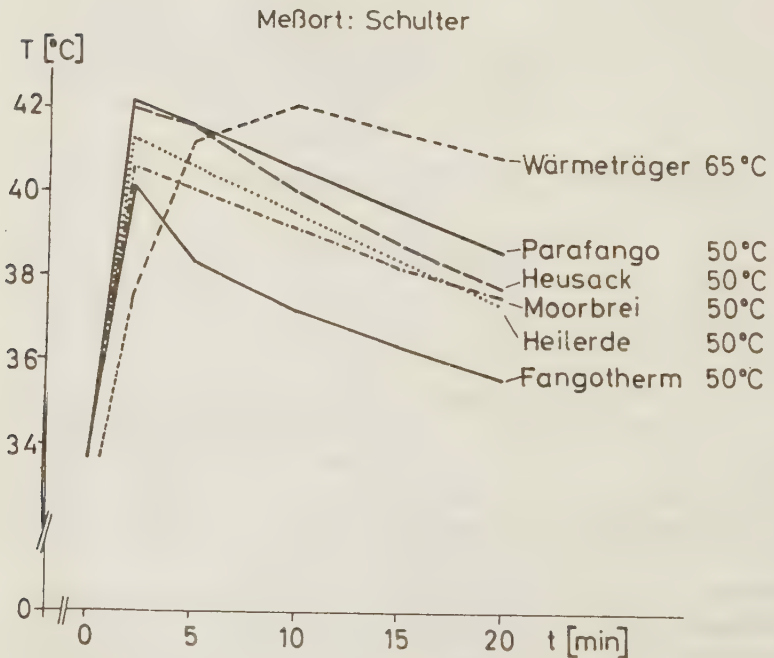


Abb. 14: Verläufe der Hauttemperaturen an der Schulter

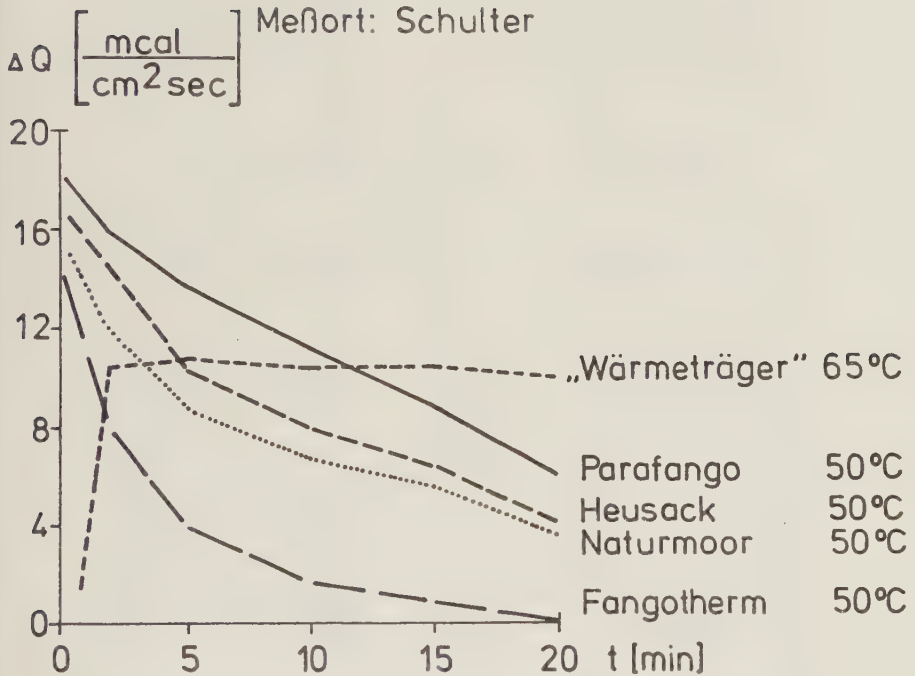


Abb. 15: Verläufe der Wärmestromdichte an der Schulter

Die Kurven stellen, wie auch die Werte aus den Tabellen, Mittelwertsverläufe aus den jeweils 5 Wiederholungsmessungen dar. Die Streumaße sind auch hier aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen worden. Mann erkennt hier, genauso wie bei den Versuchen am Phantom die quantitativen Unterschiede zwischen den Packungsarten sowie den qualitativ andersartigen Verlauf der Packung "Wärmeträger ascend".

T	Wärmeträger	Parafango	Moorbrei	Heilerde	Heusack	Fangotherrn
t min	65°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=8	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=6	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=6	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=5	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=6	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ n=8
2	37,1 1,1	42,1 0,2	40,5 0,4	41,2 0,7	42,0 0,9	40,0 0,7
5	41,2 0,7	41,4 0,3	39,9 0,3	40,4 0,6	41,4 0,6	38,2 0,4
10	41,9 0,4	40,4 0,3	39,0 0,4	39,4 0,6	39,9 0,4	37,0 0,4
15	41,4 0,3	39,4 0,4	38,0 0,4	38,1 0,5	38,6 0,5	36,1 0,4
20	40,7 0,3	38,4 0,3	37,3 0,4	37,2 0,4	37,5 0,5	35,3 0,4

Tab. 11: Meßwerte der Hauttemperaturen im Schulterbereich

Die durchschnittliche Haupttemperatur vor Versuchsbeginn betrug $33,4^{\circ}\text{C}$

ΔQ	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
2	10,90 2,08	16,0 1,44	12,0 0,8	12,0 0,96	14,4 1,52	8,0 0,8
5	10,96 1,04	13,6 1,44	8,8 0,88	8,0 0,8	10,3 1,12	4,0 0,8
10	10,56 0,88	11,2 0,72	6,8 0,88	7,2 0,69	8,0 1,0	1,6 0,4
15	10,20 0,8	8,8 0,48	5,3 1,0	3,8 0,58	7,2 0,88	0,8 0,32
20	10,20 0,64	7,2 0,48	3,84 0,72	2,1 0,48	4,4 0,7	0,32 0,16

Tab. 12: Meßwerte der Wärmestromdichte im Schulterbereich

T	Wärmeträger	Parafango	Moorbrei	Heilerde	Heusack	Fangotherrn
t min	65°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$	50°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$	50°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$	50°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$	50°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$	50°C $\bar{x} \pm s\bar{x}$
2	34,7 0,7	41,0 0,6	38,3 1,0	40,6 0,5	40,2 0,4	38,9 0,5
5	39,1 0,7	40,6 0,5	38,7 0,9	39,6 0,4	39,7 0,4	37,8 0,4
10	40,0 0,6	39,8 0,4	38,6 0,8	39,0 0,3	38,9 0,1	35,6 0,3
15	39,5 0,6	38,8 0,4	38,3 0,9	37,9 0,3	37,8 0,1	34,6 0,3
20	38,8 0,5	37,9 0,4	37,4 0,9	36,3 0,4	36,0 0,2	33,7 0,2

Tab. 13: Meßwerte der Hauttemperaturen im Hüftbereich

Die durchschnittliche Hauttemperatur vor Versuchsbeginn betrug 32,7°C.

ΔQ	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$\bar{x} \pm s\bar{x}$
2	13,7 1,6	15,3 0,48	11,2 0,88	14,4 1,14	14,4 0,96	8,8 1,04
5	11,7 0,72	12,0 0,4	7,8 0,8	10,3 0,96	9,6 0,8	4,5 0,96
10	11,0 0,4	9,6 0,56	5,8 0,64	7,2 0,8	7,2 0,8	1,5 0,4
15	10,2 0,4	8,0 0,88	4,5 0,8	5,6 0,72	4,8 0,72	0,3 0,18
20	9,7 0,72	5,6 0,96	3,0 0,72	4,5 0,8	3,2 0,32	0,1 0,08

Tab. 14: Meßwerte der Wärmestromdichte im Hüftbereich

T	Wärmeträger	Parafango	Moorbrei	Heilerde	Heusack	Fangotherrn	
t	min	65°C	50°C	50°C	50°C	50°C	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	
2		33,9 1,2	40,9 0,5	37,6 0,8	38,1 0,6	40,2 0,8	37,8 0,2
5		37,7 1,3	39,9 0,3	37,4 0,4	37,5 1,0	38,7 0,5	36,5 0,2
10		38,7 0,9	39,0 0,4	36,7 0,3	36,1 0,9	37,2 0,5	35,1 0,3
15		38,4 0,7	38,0 0,4	36,0 0,3	35,0 0,8	36,0 0,5	34,1 0,3
20		38,0 0,6	37,2 0,5	35,4 0,3	34,2 0,8	34,8 0,7	33,2 0,3

Tab. 15: Meßwerte der Hauttemperaturen am Knie

Die durchschnittliche Hauttemperatur vor Versuchsbeginn betrug 32°C.

ΔQ	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
2	12,0 1,2	17,6 1,04	13,6 0,96	12,0 1,04	15,2 1,6	9,6 0,64
5	11,8 1,2	15,2 0,96	10,5 0,96	9,5 1,28	9,6 1,52	5,6 0,56
10	11,6 1,2	13,6 0,8	7,2 0,72	7,0 1,2	7,2 1,36	3,0 0,32
15	11,0 1,1	12,0 0,5	5,6 0,72	5,1 0,72	4,6 1,2	1,3 0,32
20	10,5 1,04	9,6 0,39	4,0 0,64	3,2 0,4	2,9 0,64	0,3 0,24

Tab. 16: Meßwerte der Wärmestromdichte am Knie

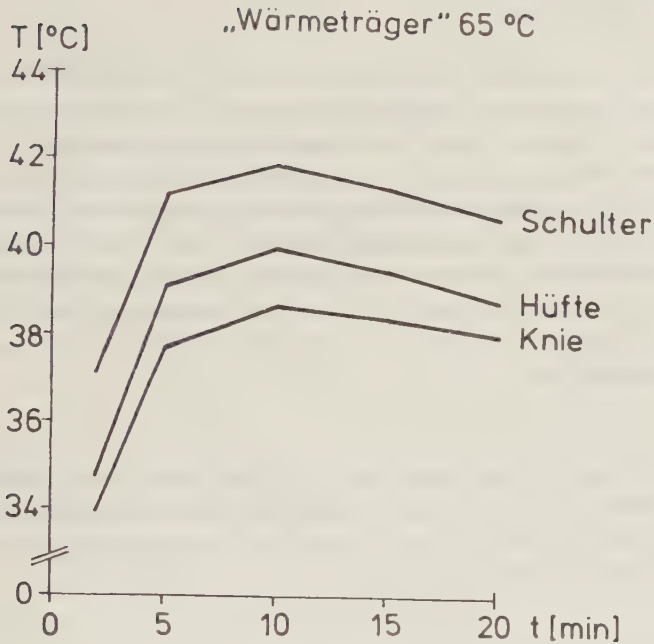


Abb. 16: Verläufe der Hauttemperaturen bei Anwendung einer Packungsart an drei verschiedenen Körperregionen

Abbildung 16 demonstriert, daß die qualitativen Besonderheiten im Kurvenverlauf der Packung an allen drei Körperstellen gleich sind.

Die aus den Tabellen 11-16 ersichtlichen Unterschiede zwischen den Anwendungsorten sind in erster Linie auf die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen der Meßstellen zurückzuführen. In unseren Versuchen betrugen diese an der Schulter im Mittel 33,4°C, an der Hüfte 32,7°C und am Knie 32,0°C.

3.2.3 Varianzanalyse

Bei der Varianzanalyse können rechnerisch alle Meßdaten in getrennten Schritten (vollgekreuztes Modell) durch Erwartungswerte ersetzt werden, wobei man sogenannte Faktorstufen erhält. Diese Rechnung kann man für jeden Einflußfaktor durchführen. Da eine unterschiedliche Stufenzahl auch zu einer verschiedenen Summe der Abweichungsquadrate (SAQ) führt, berechnet man sogenannte "meansquares", bzw. Durchschnittsquadrate (DQ). Das DQ gibt dann den mittleren Einfluß eines Faktors wieder und kann mit dem DQ eines anderen Faktors verglichen werden (KLEINSCHMIDT 31).

Im vorliegenden Falle erhält man einen Zeitfaktor mit 5 Stufen, einen Applikationsfaktor mit 6 Stufen, die interindividuelle Streuung (5 Vps) von 5 Stufen, die intraindividuelle Streuung von 3 Stufen und den Faktor der verschiedenen Körperstellen von 3 Stufen.

1. Temperaturverlauf

Man erkennt aus Tabelle 11, daß den größten Einflußfaktor der Zeitverlauf darstellt, der in seinen fünf Stufen stark variiert, wobei aus dem Vergleich mit den Kurven und Tabellen zum Zeitverlauf eindeutig hervorgeht, daß die Behandlungsart I (Wärmeträger ascend) die wenigsten Schwankungen aufweist.

Tabelle 11 zeigt auch, daß die interindividuelle Streuung im Vergleich zur intraindividuellen signifikant erhöht ist, d.h. daß die einzelnen Versuchspersonen stark unterschiedlich reagieren, aber in den Wiederholungsversuchen geringere Streuungen aufweisen.

Der Faktor Körperstelle weist ebenfalls signifikante Unterschiede auf; wobei vor allem der Vergleich der Varianzanalyse

des T-Verlaufs mit dem des ΔQ -Verlaufs wichtige Diskussionspunkte darstellt.

2. Wärmestromdichteverlauf

In Tabelle 12 erweisen sich wieder Applikationsart und Zeitverlauf als die stärksten beeinflussenden Faktoren, wobei auch hier für den Zeitverlauf dasselbe gilt wie im Abschnitt Temperaturverlauf.

Varianz- ursache	Zeitverlauf	Behandlungsart	Wiederholung		Versuchsperson		Körperstelle	SAQ- Gesamt	
	t min	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n		
	2	6,19	116	WT	5,6	144	1	5,2	233
	5	6,35	116	PF	6,2	105	2	5,6	144
	10	5,64	116	MB	4,8	102	3	4,7	108
	15	4,76	116	HE	4,6	90	4	4,6	138
	20	3,95	116	HS	5,3	108	5	4,3	162
				FT	3,3	144			
mean- square	23,617,26			12.562,9		2.101,7		4.643,0	
								1.402,0	
FG	5			5		2		4	2
F-Wert	53,40			24,0		3,50		7,90	2,30
									692

Tab. 17: Varianzanalyse - Verlauf von T abs.

Varianz- ursache	Zeitverlauf	Behandlungsart	Wiederholung	Versuchsperson	Körperstelle	SAQ- Gesamt			
	t min	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n		
	2	1,6	116	WT	11,2	120	1	1,0	194
	5	1,2	116	PF	12,0	90	2	1,1	120
	10	0,9	116	MB	7,2	85	3	0,9	90
	15	0,7	116	HE	7,2	75	4	1,0	115
	20	0,6	115	HS	8,0	90	5	1,0	134
				FT	3,2	119			
mean- square	1,789			1,597			169	115	66
FG	4			5			2	4	2
F-Wert	73,36			68,44			4,63	3,15	1,8

Tab. 18: Varianzanalyse - Verlauf von ΔQ (mcal/cm²sec)

Varianz- ursache	Zeitverlauf	Behandlungsart	Wiederholung	Versuchsperson	Körperstelle	SAQ- Gesamt					
	t min	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$					
	2	8,8	116	WT	9,2	120	1	8,0	120	1	7,5
	5	8,9	116	PF	8,5	90	2	8,9	120	2	7,9
	10	8,2	116	MB	8,1	85	3	7,7	90	3	8,4
	15	7,3	116	HE	7,0	75	4	7,7	115	5	7,6
	20	6,6	115	HS	8,7	90	5	7,6	134		
				FT	6,2	119					
											304.806
mean- square	11.381				14.117			1.189		3.372	4.963
FG	4				5			2		4	2
F-Wert	25,19				34,54			2,26		6,64	9,7
											578

Tab. 19: Varianzanalyse - Verlauf von ΔT

3.3 Ergebnisse mit weiteren Meßgrößen

3.3.1 Messung der Hautwasserabgabe

Als einen Parameter zur Beurteilung des vegetativen Status haben wir die Hautwasserabgabe an der Applikationsstelle ermittelt. Sie wurde vor dem Auflegen und nach der Abnahme der Packung an mehreren Punkten rund um die Meßfolie gemessen. Tab. 20 zeigt die Differenz der Meßwerte der Hautwasserabgabe vor und nach der Applikation. Da durch Rückstände des Packungsmaterials bei Naturmoor, Heilerde und Fangotherm die Messungen nach der Abnahme erschwert waren, werteten wir nur die Ergebnisse von Parafango, Heusack und Wärmeträger ascend aus.

Die Meßwertanzeige des verwendeten EVAPORIMETER EP1 der Firma SERVOMED, Stockholm, beruht auf einer elektrischen Umrechnung der Feuchtigkeitswerte, die in einem Teflonrohr von ca. 2 cm Höhe in zwei definierten Höhen über der Hautoberfläche in einem unbelüfteten System gemessen werden. Die Feuchtigkeitssfühler sind Elemente, deren elektrische Kapazität sich in Abhängigkeit des Wasserdampfgehaltes ändert. Die Anzeige der direkt in $\text{g/m}^2\text{h}$ abzulesenden Hautwasserabgabe stellt sich dabei innerhalb von Sekunden ein.

Die Meßwerte der Hautwasserabgabe zeigen starke Schwankungen zwischen den einzelnen Packungsarten. Wärmeträger ascend führt zur höchsten Schweißsekretion. Beim Heusack können wir auch noch eine erhebliche Hautwasserabgabe feststellen. Bei Parafango, der im Gegensatz zu den beiden feuchten Packungsarten trocken aufgelegt wird und keine Feuchtigkeit aufnimmt oder abgibt, lagen die Werte am niedrigsten.

Packungsart	Schulter	Hüfte	Knie	min	max	n
Wärmeträger 65°C						
$\bar{x}$ g/m ² h	52,5	71	49	20	95	8
$s_{\bar{x}}$	9,9	7,5	7,5			
Parafango 50°C						
$\bar{x}$ g/m ² h	6,2	3,0	2,3	0,0	14	6
$s_{\bar{x}}$	2,1	1,4	1,1			
Heusack 50°C						
$\bar{x}$ g/m ² h	35,8	37,5	39	10	90	6
$s_{\bar{x}}$	6,1	5,3	13,5			

Tab. 20: Differenz der Meßwerte der Hautwasserabgabe vor und nach Applikation

Aus diesem Sachverhalt läßt sich folgern:

1. daß die hohen Meßwerte der feuchten Packungen nicht primär durch Schweißentwicklung, sondern durch Quelleffekte der Hornschichte hervorgerufen werden.

2. daß die Meßwerte bei Parafango annähernd der wirklichen Schweißsekretion entsprechen, da keinerlei Feuchtigkeit mit aufgebracht wurde. Aber auch hier ist mit einem geringen Aufquellen der Oberhaut zu rechnen, durch den sich ansammelnden Schweiß unter der Paraffinschicht.

Wie schon aus den hohen $s_{\bar{x}}$ -Werten zu vermuten ist, war die Betrachtung von inter- und intraindividuellen Unterschieden wegen der großen Streuung und der hierbei zu geringen Versuchszahlen ohne große Aussagekraft. Aus früheren Untersuchungen (KLEINSCHMIDT 29) wissen wir aber, daß schon über die insensible HWA beachtenswerte Eingriffe in den Energiehaushalt möglich sind.

3.3.2 Beurteilung der Erytheme

Nach dem Auftreten beachtlicher Erytheme im Laufe der Vorversuche, bei denen versehentlich zu trockene Vliespackungen verwendet worden waren, entschlossen wir uns eine Beurteilung der Hautrötung nach Abnahme der Heißpackungen jedesmal durchzuführen. Bei zu trockenen "Einweg-Naturmoor-Packungen" (16) ist keine geschlossene Moorschicht mehr gewährleistet, an diesen brüchigen Stellen tritt die Hitze direkt auf die Haut über. Den Schätzwerten legten wir eine Beurteilungsskala von Erythemen nach TRONNIER (46) zugrunde.

Suberythem (0)	keine sichtbare Rötung (sedative Rötung)
Grad I	kaum sichtbare Rötung
Grad II	geringe Rötung
Grad III	intensive Rötung (beginnende Ablösung)
Grad IV	sehr intensive Rötung, immer mit Blasenbildung

Tab. 21: Erythemeinteilung nach TRONNIER (46)

Die aufgetretenen Rötungen beschränkten sich auf die Grade 0, I und II. Die während der Vorversuche aufgetretenen schmerzhaften Erytheme lagen in beiden Fällen zwischen Grad II und III. Bei jeder Packungsart traten die Grade I und II auf, allerdings in unterschiedlicher Verteilung. So war bei Grad I vor allem der Wärmeträger zu erwähnen, bei Grad II Parafango. Die anderen Packungsarten verteilten sich mehr oder minder gleichmäßig.

Packungsart	Erythemisierungsgrade					
	n	0	I _g	I _f	II _g	II _f
Wärmeträger 65°C	24	-	16	1	1	6
Parafango 50°C	18	-	2	3	2	11
Moorbrei 50°C	17	1	9	-	7	-
Heilerde 50°C	15	4	10	-	1	-
Heusack 50°C	18	4	5	4	5	-
Fangotharm 50°C	24	9	-	9	-	6

Tab. 21: zeigt die Anzahl der auftretenden Erytheme pro Erythemisierungsgrad, unterteilt in (g) = gleichmäßige und (f) = fleckige Rötung

Kein Erythem (Suberythem Grad 0) war vor allem bei Fangotherm zu verzeichnen.

Diese Befunde entsprechen den Kurvenverläufen, d.h. die Packungen mit der größten Wärmeabgabe und höchsten Temperaturen führten zur stärksten Hautrötung, Fangotherm-Packung, die die niedrigsten Temperaturverläufe aufweist, führt auch zur geringsten Hautrötung.

Bei der Betrachtung der Erytheme auf "fleckig" oder "gleichmäßig" ist ebenfalls deutlich, daß die beiden heißesten Packungen häufiger ungleichmäßige Rötungen aufweisen. Dies ist nach DREXEL (11) wahrscheinlich die Folge von partiellen Vasokonstriktionen und Histaminausschüttungen durch den starken Wärmereiz. Die fleckigen Erytheme bei Fangotherm sind auf die Steppnähte des Leinenbeutels, in den das Peloid eingenäht ist, zurückzuführen. Sie können also in den Vergleich nicht mit eingehen.

3.3.3 Fragebogen zum subjektiven Befinden der Probanden

Als zusätzlichen Aspekt der Beurteilung von physikalisch-therapeutischen Maßnahmen wurde das subjektive Empfinden der Versuchspersonen mit untersucht. In dem Fragebogen, die im Anschluß an die Behandlung von den Versuchspersonen selbst ausgefüllt wurden, sind die m.E. interessierenden Gesichtspunkte enthalten. Wir vermieden es, die Versuchspersonen von bereits vorliegenden Meßergebnissen in Kenntnis zu setzen, um nicht durch unsere eigenen Urteile oder Vorurteile die Versuchspersonen zu beeinflussen. Die Gestaltung der Fragebogen wurde unter Bezug auf zu beachtende psychosometrische Gesichtspunkte (SIXTL 44) vorgenommen. Abbildung 17 zeigt ein Original exemplar des Fragebogens.

Wie aus dem Fragebogen (s.S. 58) ersichtlich ist, wurden Angaben zur Ausgangssituation und zum Versuchsverlauf erfaßt. Mit insgesamt 18 Items wollten wir das Empfinden während der Behandlung und die Meinung über das subjektive Urteil erfragen.

Eine spätere Reduktion der Bewertungsskala auf 5 Bereiche (-2, -1, 0, 1, 2) ermöglichte eine übersichtliche und für alle Items gleiche Auswertungsbedingung.

Ergebnisse der Fragebogen

Bei 39 Fragebogen gaben die Versuchspersonen an:

1. <u>Besonderheiten bei der Ankunft:</u>	Erkältung	9x
	Prellungen	4x
	Lumbago	1x
	Menstruations- beschwerden	3x
	sonst. Beschwerden	4x

Besonderheiten bei Versuchsende: Allergische Reaktion -
Schmerzhafte Rötung 3x
Beklemmungsgefühl 2x

Hyperämisierung bzw. Erytheme lagen in allen Versuchen vor, wenn auch nicht immer an allen Körperstellen (siehe Beurteilung der Erytheme Tab. 21).

2. Fragen zur Ausgangssituation der Probanden:

Item 1) Ich bin heute sehr ausgeglichen - sehr gereizt, wurde überwiegend indifferent beantwortet.

Item 2) Ich fühle mich heute körperlich sehr frisch - sehr matt, indifferent mit leichter Tendenz zu matt.

Item 3) Meine Stimmung ist im Vergleich zu gestern besser, gleich, schlechter
indifferent (nur -1, 0, 1)

3. Angaben zum Versuch

Item 4-6) Ich empfand die Behandlung sehr wohltuend - sehr belastigend:

Die Antworten lagen zwischen sehr wohltuend und indifferent, mit dem Schwergewicht auf wohltuend, nur selten belastigend. Unterschiede zwischen Schulter, Hüfte, Knie sind nicht groß.

Beliebtheitsliste der Packungsarten in absteigender Reihenfolge: Wärmeträger ascend > Parafango > Moorbrei > Heusack > Heilerde > Fangotherm

Item 7-15) Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir zu kalt - zu warm:

Zu Beginn: indifferent bis zu warm

Zwischendurch: indifferent bis nicht warm genug (-1)

Zu Ende: indifferent bis zu kalt (-2)

Bei den Applikationsorten Schulter, Hüfte, Knie zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

4. Frage zum Allgemeineindruck:

Insgesamt empfand ich die Wärmeanwendung als:

Item 16) sehr entspannend - sehr beklemmend

Indifferent bis sehr entspannend (nur 3mal beklemmend)

Item 17) sehr angenehm - sehr ermüdend

Hier wurde die ganze Skala ausgeschöpft, doch der Schwerpunkt lag bei angenehm (-1).

Die Auswertung der Antworten ist tabellarisch im Anhang aufgeführt.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse nach Packungsart:

Wärmeträger ascend wurde als sehr wohltuend und im Temperaturverlauf als am angenehmsten bezeichnet.

Parafango wurde zu Beginn als etwas zu heiß bezeichnet; allgemein aber ebenso positiv wie Wärmeträger ascend.

Moorbrei im Temperaturverlauf hauptsächlich indifferent beurteilt, angenehm.

Heusack: indifferenter Temperaturverlauf, angenehm.

Heilerde wurde zu schnell kühl, sonst allgemein indifferent beurteilt.

Fangotherm wurde am häufigsten als belästigend empfunden, hat den unangenehmsten Temperaturverlauf (zu Beginn zu heiß, zwischendurch bereits zu kalt). Diese Packung wird neben

Heilerde als am wenigsten angenehm empfunden.

Auf weitere Überlegungen soll in der Diskussion (4.3) noch näher eingegangen werden.

4. Diskussion

Verschiedene Einzelergebnisse wurden bereits in den einzelnen Abschnitten näher besprochen. Hier soll nunmehr eine Wertung im Zusammenhang der Untersuchungen erfolgen, dabei interessiert besonders:

1. Was läßt sich zu den angewandten Methoden aussagen?
2. Wie lassen sich die Ergebnisse für sich und im gegenseitigen Vergleich bewerten?
3. Welche therapeutischen Folgerungen und Überlegungen können wir daran knüpfen?

4.1 Methodendiskussion

Zunächst stellt sich die Frage nach der Aussagekraft der Wärmestromdichtemessung für die Beurteilung der Wärmeeigenschaften der Packungsarten. Insbesondere kann man sich fragen, ob nicht Temperaturmessung alleine ausreichend wäre? Bei der Betrachtung der korrelativen Zusammenhänge der Meßgrößen ergab sich ein Bestimmtheitsmaß von 51,7 % (S.40). Hieraus ist zu erkennen, daß wir zwar aus der Temperatur Schlüsse auf die Wärmestromdichte ziehen können, bei Verzicht auf eine WSD-Messung jedoch auf einen nicht zu unterschätzenden Teil an Information verzichten würden.

Vergleichen wir den Temperaturanstieg bei Versuchspersonen mit dem am Phantom, so sehen wir, daß er bei letzterem deutlich steiler ist. Dieser Sachverhalt läßt sich mit einer noch nicht vollständig gelungenen Anpassung des Modells an die Wärmeübergangswiderstände der menschlichen Haut erklären: Die Plastikfolie, mit der das Phantom überzogen ist, könnte ruhig noch dicker sein und damit den Wärmeeinstrom beim Auflegen der Packung verzögern. Da das Phantom jedoch auch für andere Versuche gebraucht wird, stellt die jetzige Form einen annehmbaren Kompromiß dar.

4.2 Beurteilung der Ergebnisse

Variierende Phantomtemperatur

Aus den Ergebnissen ist eindeutig abzulesen, daß, wie zu erwarten ist, je niedriger die Phantomtemperatur umso höher die Wärmestromdichte. Die Temperaturmaxima liegen zwar jeweils zwischen $41 - 42^{\circ}\text{C}$, werden aber, je wärmer das Phantom, umso später erreicht. Dies stimmt mit Feststellungen von DIRNAGL (4) überein, der sagt, es stelle sich fast schlagartig eine bestimmte Temperatur ein, die unabhängig von der Ausgangstemperatur der Haut ist. Dies gilt also auch am Phantom.

Betrachtung der 6 verschiedenen Packungsarten

Es läßt sich auf den ersten Blick eine Unterscheidung in zwei Gruppen treffen: Packungen mit dem initialen Wärmestoß und Packungen mit dem ascendierenden Wärmeanstieg.

Zur ersten Gruppe, den bisher üblichen Anwendungen, zählen die Packungen, die mit 50°C aufgelegt werden. Die gemeinsamen Charakteristika sollen anschließend zusammengefaßt werden. Um die packungsspezifischen Temperaturanstiege noch deutlicher sichtbar zu machen, haben wir in Tab. 23 nicht die absoluten T-Werte aufgeführt, sondern nur die ΔT -Werte. Dadurch sehen wir, um wieviel Grad die Packung die Körperstelle erwärmt, ohne die Ausgangstemperatur der jeweiligen Körperstelle zu berücksichtigen. Für die Packungen mit "schnellem" Temperaturanstieg ergeben sich Maxima von $8,0 \pm 0,39^{\circ}\text{C}$ bis $10,0 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$. Diese Temperaturen fallen fast stetig ab, am Endpunkt (20 min.) messen wir Werte zwischen $3,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ und $6,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Vergleichsweise erreicht die Wärmestromdichte Maxima von 80 ± 8 bis $160 \pm 14,4 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ und sinkt auf $3,2 \pm 1,6$ bis $72 \pm 4,8 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ ab (Tab. 12, S. 44 bzw. Abb. 14, S. 42 und Abb. 15, S. 43). Die Wärmestromdichte nimmt dabei stärker ab als die Temperatur. Dies steht auch in Übereinstimmung mit Untersuchungen von DREXEL (11) und FRAY (18).

Unsere Untersuchungen unterscheiden sich aber im Temperaturverlauf deutlich von den Ergebnissen der obengenannten. Beide stellten fest, daß sich die Temperatur unter der Packung während der Meßzeit (ebenfalls 20 min.) kaum ändert. Wir stellen jedoch fest, daß sie im Durchschnitt nach 20 min. um $4 - 5^{\circ}\text{C}$ abgefallen war.

Der "Wärmestoß" führt bei allen 5 Packungsarten zu einer kurzen Schmerzreaktion beim Auflegen, die sehr rasch zurückgeht. Die hierbei zu erwähnenden physiologischen Regulationsmechanismen sollen später noch eingehender besprochen werden.

Die Packungen mit dem ansteigenden Wärmeverlauf führten nach dem Auflegen zuerst zu einer vermehrten Wärmeabgabe, da wir auf eine Wartezeit, in der sich die Vliespackung erwärmt hätte, verzichtet haben, um Zeitgleichheit mit den anderen Packungen zu erhalten. Nach einer Minute steigt die Temperatur mit der gleichen Steigung wie die der übrigen Packungen und flacht sich nach weiteren 3 Minuten ab, um bei Meßpunkt 10 Min. ihr Maximum zu erreichen. Die Wärmestromdichte steigt ebenfalls langsamer, hält aber dann im Gegensatz zu den anderen fast konstant an.

Betrachten wir nun die Packungen im einzelnen, so sehen wir, daß bei

Wärmeträger ascend ein $T_{\text{max.}}$ von $11,0^{\circ}\text{C}$ und eine Wärmestromdichte max. von $12,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ vorliegen. Als weiteres Vergleichsmaß dienen uns die WSD-Durchschnittswerte aus der Varianzanalyse (Tab. 18, S. 51). Für Wärmeträger ascend beträgt dieser Wert $11,2 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ und liegt an zweiter Stelle hinter Parafango.

T	Wärmeträger	Parafango	Moorbrei	Heilerde	Heusack	Fangotherrn
t min	65°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	50°C $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
2	6,2	1,1	9,8	0,11	8,8	0,37
5	10,2	0,7	9,0	0,2	8,2	0,39
10	11,0	0,47	8,0	0,28	7,3	0,51
15	10,4	0,39	7,0	0,37	6,3	0,53
20	9,8	0,31	6,0	0,3	5,6	0,49

Tab. 23: Temperaturerhöhung (ΔT in °C) durch verschiedene Packungsarten, gemessen an der Schulter

Die WSD liegt bei Wärmeträger ascend anfangs unter den Maximalwerten der Vergleichspackungen, bleibt dann aber bis zum Ende nahezu gleich. Anwendungsmodus, Hygiene und das positive Urteil der Versuchspersonen sprechen ebenfalls für diese neue Packungsart. Dies sollte jedoch nicht dazu verleiten, sie kurzerhand als die Beste zu bewerten. Die therapeutischen Gesichtspunkte des langsamen Wärmeanstiegs bei dieser Packungsart sind bisher noch nicht ausreichend geklärt. Es stellt sich nämlich die Frage, ob nicht neben der Gesamtwärmeaufnahme gerade der initiale Wärmestoß von besonderem therapeutischen Interesse ist. Bevor aber hierzu nicht noch weitere Untersuchungen vorliegen, wäre jede Antwort reine Spekulation.

Parafango di Bataglia hat ein ΔT max. an der Schulter von $9,8^{\circ}\text{C}$; die Packung zeichnet sich durch einen hohen Temperaturanstieg und einen sehr gleichmäßigen Verlauf aus. Parafango bewirkt neben dem Wärmeträger den größten Temperaturanstieg, am Endpunkt liegt noch eine Temperaturerhöhung von $6,0^{\circ}\text{C}$ vor. Das Wärmestromdichtemaximum liegt bei $16,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$, der WSD-Durchschnitt beträgt $12,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$.

Parafango ist also die Packung mit der höchsten WSD. Dies erklärt sich auch aus der zusätzlich freiwerdenden Schmelzwärme (DREXEL 17). Zum Vergleich mit den anderen Packungen muß man noch die Sorptions- und Resorptionsmöglichkeiten berücksichtigen. Der Fango ist von Paraffin völlig umschlossen, eine geringfügige Abgabe von Inhaltsstoffen ließe sich vielleicht noch erwägen, die Resorption des Schweißes unterbleibt jedoch völlig, dies führt zu einem dünnen Flüssigkeitsfilm zwischen Packung und Haut.

Moorbrei liegt mit ΔT max. von $8,8^{\circ}\text{C}$ im mittleren Bereich, ebenso mit der WSD von $12,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ und dem WSD-Durchschnitt von $7,2 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$. Der Verlauf entspricht dem von Parafango, liegt aber insgesamt niedriger. Den Austauschvorgängen zwischen Haut und Moor steht nichts im Wege. Vergli-

chen mit Wärmeträger ascend, der von der gleichen Firma stammt und dasselbe Moor enthält, ist die Anwendung umständlicher, weniger hygienisch bei mehrfacher Anwendung und die Wärmeabgabe geringer.

Heilerde aus Gars am Inn

Hier wird ein ΔT max. von $8,1^{\circ}\text{C}$ erreicht und ein WSD max. von $12,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$. Der WSD-Durchschnitt beträgt $7,2 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$. Die Ergebnisse liegen etwas unter denen von Moorbrei und lassen sich ebenfalls als therapeutisch verwendbar deuten.

Fangotherrn ist neben Naturmoor und Heilerde eine weitere Peloidpackung. Obwohl sie als sehr heiß empfunden worden war, liegt das ΔT max. nur bei $8,0^{\circ}\text{C}$. Die Temperatur sowie die WSD-Kurve fällt in den ersten 10 Minuten am stärksten ab. Auch im WSD-Durchschnitt schneidet Fangotherrn von allen Packungen im Abstand am schlechtesten ab. Die Sorptions- und Resorptionseigenschaften sind durch die Quellung des Sackmaterials beeinträchtigt. Außerdem liegt der Beutel durch seine Steppnähte nicht glatt auf der Haut, wodurch ca. 10 % der Hautfläche nicht mit der Packung in Berührung kommen.

Kneipp'scher Heusack

Die feuchtheiße Packung in unserem Vergleich führt zu den höchsten ΔT max.-Werten von $10,0^{\circ} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch FÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20).

Die Wärmeabgabe kann in den Maximalwerten bei $14,4 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ als sehr gut bezeichnet werden. Die Temperatur und die WSD-Kurve fällt allerdings steiler als bei den Peloiden. Der WSD-Durchschnitt liegt mit $8,0 \text{ mcal/cm}^2\text{sec}$ über dem von Moorbrei und Heilerde. Bei den Sorptions- und Resorptionsvorgängen ist besonders die schlaffördernde Wirkung der Cumarine zu erwähnen, die FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (19) beschrieben haben. Erwähnt sei noch der "Heuduft", durch den die Behandlung mit dem Heusack besonders hervortritt.

Betrachten wir Temperatur- und Wärmestromdichte-Verlauf zur Beurteilung der thermophysikalischen Eigenschaften, so können wir zusammenfassend feststellen:

Wärmeträger ascend unterscheidet sich durch langsames Ansteigen und hohe gleichmäßige Wärmeabgabe. Durch die Einwegnaturmoorpackungen entsteht ein qualitativ unterschiedlicher Kurvenverlauf im Vergleich zu den bisher üblichen Packungsarten. Da der initiale Wärmestoß unterbleibt, kann die Temperatur des Wärmeträgers beträchtlich erhöht werden, was einer Vergrößerung der gespeicherten Energie entspricht und damit längere und außerdem gleichmäßigere Anwendungsdauern ermöglicht.

Unter den Packungen mit initialem Wärmestoß erzielt Parafango die höchsten Temperatur- und WSD-Werte. Dies läßt sich dadurch erklären, daß in Form von Konversionswärme beim Paraffin Energie hinzukommt.

Die Peloide Moorbrei und Heilerde liegen ähnlich wie der Heusack im mittleren Bereich. Ihre thermophysikalischen Eigenschaften sind vor allem durch ihren Wassergehalt bestimmt.

Fangothärm zeichnet sich mit Abstand in allen gemessenen Parametern durch die niedrigsten Werte aus. Neben der niedrigeren Wasserbindungskapazität des Eifelfango ist die bereits beschriebene Anwendungsform als Kompresse hierfür ausschlaggebend.

Betrachtung der Ergebnisse an Schulter, Hüfte und Knie im
Rahmen physiologischer und therapeutischer Überlegungen

Unsere Fragestellung lautete; welche Unterschiede zwischen den Reaktionen an den drei verschiedenen Körperstellen können wir aus den Kurvenverläufen der Temperatur- und Wärmemessungen ablesen.

Die Auswahl der Körperstellen war also vor allem darauf gerichtet, Gewebsarten zu wählen, von denen infolge der Kenntnis ihrer physiologischen und anatomischen Eigenschaften eine verschiedene Reaktionsweise auf thermo-therapeutische Maßnahmen anzunehmen war.

So wählten wir die Schulterregion unter dem Aspekt der quergestreiften Muskulatur, die Hüftregion wegen des vermehrten Fettgewebsanteils und das Knie als eine Region mit Gelenk und Muskulatur. Hinzu kommt, daß am Knie auch eine etwas niedrigere Hauttemperatur vorzufinden ist. Aufgrund der Arbeit von DIRNAGL (4), der auf gleiche Temperaturmaxima bei verschiedenen Ausgangstemperaturen hinwies, und unserer Untersuchungen am Phantom mit unterschiedlichen Ausgangstemperaturen, erschien uns der Punkt von Interesse, wie die Hautregionen verschiedener Temperatur auf gleiche Packungstemperatur reagieren.

In einer Arbeit über die physiologische Wirkung von Heißpackungen schreibt WITZLEB (49), daß thermische Reize im wesentlichen zu vier Reaktionsweisen führen: lokale Wirkungen, reflektorische Wirkungen, Einflüsse auf die Bluttemperatur und humoral-hormonale Wirkungen. Ein Wärmereiz, der über dem Indifferenzbereich liegt, führt nach ASCHOFF (2) und WITZLEB (49) zu einer Verminderung der Entladungsfrequenz der Kaltrezeptoren und einer gesteigerten Impulsfrequenz der Warmrezeptoren, einer Vasodilatation der arteriellen sowie der venösen Hautgefäße.

In Abb. 16, S. 47 sind die Temperaturkurven einer Packungsart (Wärmeträger ascend 65°C) an Schulter, Hüfte und Knie aufgeführt. Die Verschiebung der Kurven bei qualitativ gleichem Verlauf läßt sich in erster Linie auf die unterschiedlichen Ausgangstemperaturen der behandelten Körperregionen zurückführen, die ihrerseits durch anatomisch-physiologische Gegebenheiten bestimmt werden.

Als Ausgangstemperaturen an den verschiedenen Körperstellen haben wir, gemittelt über alle Versuchspersonen und alle Versuche, für Schulter $33,4^{\circ}\text{C}$, für Hüfte $32,7^{\circ}\text{C}$ und für Knie $32,0^{\circ}\text{C}$ gefunden. Diese Werte liegen in einem Bereich, den auch ASCHOFF (2) als mittlere Hauttemperatur bei einer Raumtemperatur von 24°C angibt.

Bei den Versuchen am Phantom mit einer Packungsart und verschiedenen Ausgangstemperaturen (Abb. 9, S. 35) läßt sich der gleiche Sachverhalt erkennen, wie von DIRNAGL (4) beschrieben. Die Temperaturmaxima liegen bei verschiedener Ausgangstemperatur in einem sehr engen Bereich.

Mit den hier dargestellten Messungen erhält man allerdings nur Aussagen über die thermischen Vorgänge der Hautoberfläche. Die Tiefenverteilung der Temperatur wird von konvektiven Einflüssen auf den Wärmetransport modifiziert. Hier führen nur direkte Temperaturmessungen im Gewebe weiter. Neuere tierexperimentelle Versuche mit Wärmeanwendungen (SCHNIZER, 41) haben gezeigt, daß mit relativ geringen Temperaturerhöhungen in tieferen Gewebsschichten zu rechnen ist.

4.3 Weitere therapeutische Überlegungen

Betrachtung der chemischen Wirkungen

Wie schon in der Betrachtung der einzelnen Packungen deutlich wurde, achtet man bei der Beurteilung von Heißpackungen auch darauf, ob Sorptions- und Resorptionsvorgänge möglich sind oder nicht. Ein Großteil der Heißpackungen wird mit Materialien durchgeführt, bei denen Reaktionen im Organismus durch Inhaltsstoffe denkbar sind.

Die im Auftrag der Packungshersteller bei chemischen Instituten erstellten Gutachten über die Art und Qualität der Materialien zeigen uns auch eine große Reihe solcher spezifischer Inhaltsstoffen an. So erklärt das Gutachten des Instituts für chemische Balneologie und Wasserchemie der Technischen Universität München die Heilerde aus Gars am Inn aus naturwissenschaftlicher Sicht für balneo-therapeutische Zwecke geeignet.

Leider liegen keine genaueren Untersuchungen über die chemischen Wirkungen speziell von lokalen Heißpackungen vor. Untersuchungen von KLEINSCHMIDT, DREXEL und DIRNAGL (30) über die chemische Bäderwirkung ergaben, daß hierbei keine nennenswerten Substitutions- und Transmineralisationswirkungen für den Gesamtorganismus zu erwarten sind. Auch wir glauben, daß die physikalischen Wirkungen den wichtigsten Anteil an therapeutisch nutzbaren Einflußfaktoren bei Heißpackungen haben.

Überlegungen physikalischer Natur

Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen wurde auch der Vorschlag unterbreitet, die Wärme durch ein elektrisch beheiztes Wärmeelement zu applizieren. Es ist auch denkbar, durch einen einfachen Thermostaten einen konstanten Wärmestrom zu erzielen. Bisher sind aber noch keine Materialien auf dem Markt,

die, verglichen mit Naturmoor z.B., sich so gut und angenehm für den Patienten anlegen lassen, und die dabei die Wärme so lange und v.a. gleichmäßig verteilt halten können. Die chemischen Wirkungen, mögen sie gering und relativ unerforscht sein, würden hierbei völlig unterbleiben.

Aus verschiedenen physikalischen Meßergebnissen über Heißpackungen wissen wir nun relativ gut Bescheid über Temperaturanstieg und Wärmeaufnahme der Haut. Leider liegen bisher keine experimentellen Ergebnisse über Temperaturverläufe in tieferen Gewebsschichten oder Gelenken vor. Als Grundlagenstudie wäre dies für die Wärmetherapie von großem Nutzen. Hier könnten tierexperimentelle Untersuchungen, wie sie SCHNIZER (42) bei der Kryotherapie durchführt, neue Einblicke schaffen.

Erörterung physiologischer Gesichtspunkte

Aus Arbeiten von FRAY (18), WITZLEB (49), FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20) und aus unseren Ergebnissen geht hervor, daß die lokale Durchblutungssteigerung den bedeutendsten Teil der therapeutischen Effekte ausmacht. Die Erwärmung der Haut und die dadurch hervorgerufene Vasodilatation sind aber nicht die einzigen Aspekte der Heißpackungen. Auch das vegetative Nervensystem wird beeinflußt. Nach WITZLEB (49) führen leichte bis mäßige Wärmereize zu parasympathikotonen (trophotropen) und starke Wärmereize zu sympathikotonen (ergotropen) Umstellungen im vegetativen Nervensystem. Von JUNGSMANN (28) liegt hierzu eine sehr interessante Arbeit vor, in der er die Kreislaufwirkungen von Heißpackungen (Grenzen der Belastbarkeit) untersuchte. Hierbei stellte er fest, daß die von Patienten geäußerten Herzbeschwerden, Beklemmungen und Angstgefühle bei der Anwendung von Heißpackungen kein physiologisch meßbares Äquivalent haben. Durch rein lokale Freisetzung von vasodilatatorischen Substanzen (Acetylcholin, Adenylsäure oder/und Bradykinin) wird die Erschlaffung der glatten Gefäßmuskulatur

verstärkt. Während der gesamten Applikationsdauer erfährt der Körper nun eine erhöhte Wärmeaufnahme über das vasodilatierte Hautareal. Im Normalfall führt Vasodilatation zu einer verstärkten Wärmeabgabe an die Umgebung. Diese lokalen Wärmeanwendungen führen, wie FRAY (18), WITZLEB (49) und FRÖHLICH und MÜLLER-LIMMROTH (20) feststellten, zu sehr geringen Erhöhungen der Kerntemperaturen und dürfen nicht mit der Überwärmungstherapie im Bade verwechselt werden (DREXEL 13).

Als weiterer Regulationsmechanismus des Körpers bei therapeutischen Maßnahmen sind cutiviscerale Reaktionen zu nennen (WITZLEB 49), wie sie auch heute bei Außenseitermethoden, wie der Akupressur vermutet werden.

Die Wirkung von Wärmereizen auf humoral-hormonale Vorgänge sind teilweise bekannt (Erhöhung der Glucocorticoid- und 17-Ketosteroidausschüttung bei intensiven Wärmewirkungen). Die humoral-hormonalen Umstellungen dürfen aber laut WITZLEB (49) nur teilweise an akuten, aber überwiegend an Umstellungen im Sinne von Habituations-, Akklimations- bzw. sogenannten Kureffekten beteiligt sein.

Aus physiologischer Sicht gäbe es noch einige Blickwinkel, aus denen man die Wirkungen von Heißpackungen untersuchen könnte. Es liegt nicht nur ein rein naturwissenschaftliches oder gar akademisches Interesse vor. Ergebnisse solcher Forschungen sind v.a. für die Indikationsstellung in der Praxis von Nutzen. WITZLEB (49) schreibt z.B. es sei eine weit verbreitete Auffassung, daß eine Mehrdurchblutung bei Wärmeanwendungen mehr oder weniger mit deren therapeutischer Wirkung gleichgesetzt ist, dies aber seiner Auffassung nach zumindest für den Skelettmuskel so nicht zutreffe. Seiner Auffassung, weitere Diskussionen über therapeutische Effekte von Wärmeanwendungen, über die noch nicht genügend experimentelle Ergebnisse vorlie-

gen, als spekulativ abzulehnen, wollen wir uns anschließen. Selbst eine forcierte Interpretation bereits bekannter Fakten würde einer unbefangenen Klärung aller Wirkmechanismen von Heißpackungen im Wege stehen.

Der psychologische Aspekt

Zur Methode:

Die Fragestellung "zu kalt" in Item 7-15 hätten besser "nicht warm genug" gelautet. Manche Probanden empfanden die Packungen zwar nicht warm genug aber noch nicht zu kalt. Nur Heilerde und Fangotherm wurden zu Ende als zu kalt empfunden, obwohl die gemessenen Temperaturen nicht unter den Ausgangstemperaturen lagen.

Zum Befinden der Probanden:

Die Beliebtheitsskala (siehe oben) bedarf keiner weiteren Betrachtung.

Das Wärmeempfinden deckt sich sehr gut mit den gemessenen Temperaturen. Je gleichmäßiger der Verlauf ist, d.h. je seltener die Extreme zu heiß und zu kalt auftreten, umso angenehmer werden die Anwendungen empfunden.

Unsere Versuchsreihe wurde mit gesunden Studenten als Versuchspersonen durchgeführt, die den Anwendungen offen, doch auch kritisch gegenüberstanden. In der Praxis, am kranken Patienten ist sicher mit einer veränderten Einschätzung des medizinischen Erfolgs zu rechnen. ASCHOFF und SCHABACKER (3) fanden heraus, daß die Zufriedenheit mit der Kur auffallend positiver war, als die Einschätzung des medizinischen Kurerfolgs.

Allgemeine Überlegungen zur Beurteilung des subjektiven Befindens

Mancherorts werden die Wirkungen von Heißpackungen in die Nähe von Placeboeffekten gerückt und so gibt es nach meiner Erfahrung auch Praktiker oder Orthopäden, die Heißpackungen wohl verordnen, doch deren therapeutischen Wert selbst sehr gering einschätzen.

Dies liegt nicht nur am Mangel an naturwissenschaftlich begründeten Ergebnissen, sondern zum Teil auch an der allgemeinen Unterschätzung von psychologischen Effekten dieser und ähnlicher Therapieformen.

Das Wort Behandlung kommt nicht - wie man heute schon fast annehmen könnte - vom Handel mit Medikamenten, es bedeutet, daß der Arzt oder Therapeut an seinem Patienten Hand anlegt, also etwas mit dessen Körper macht. Das führt nicht nur zum Entstehen einer direkten Interaktion zwischen Patient und Therapeut, sondern es vermittelt dem Patienten ein erhöhtes Körpergefühl und eine meist positive Auseinandersetzung mit den durch die beeinträchtigte Körperregion verursachten Beschwerden. Die heutige Medizin sieht durch Forschung und Technik oft über die persönlichen und körperlichen Erfahrungen des Patienten in der Therapie hinweg. So gilt die Bemerkung von Thure von UEXKÜLL (47), daß es die früheren Ärzte einfacher hatten, den Zugang zur körperlichen und seelischen Gesamtheit des Patienten zu finden, nicht nur für den psychosomatischen Aspekt alleine. Sie gilt auch bei der Überlegung, daß umgekehrt, eine körperliche Behandlung auch auf das seelische Allgemeinbefinden wirken kann. Der subjektive Eindruck des Patienten über eine Therapiemethode trägt oft wesentlich zu ihrem Erfolg bei. Diesem Aspekt muß Rechnung getragen werden, er darf nicht nur als etwas, was zwar jeder weiß, aber niemand direkt beachtet, stehenbleiben.

Unsere Untersuchungen über das subjektive Urteil von Versuchspersonen zeigt eine hohe Übereinstimmung zwischen der Beliebtheitsskala der Packungsarten und unseren physikalischen Messungen. Je höher und gleichmäßiger die Wärmeabgabe umso beliebter. Der Vergleich der physikalischen Meßdaten mit der Beliebtheitsskala alleine würde uns nur dazu verleiten, die Urteilkraft der Versuchspersonen über Temperatur- und WSD-Verläufe zu überprüfen. Unser Interesse war es aber, von durchschnittlich gesunden Probanden zu erfahren, wie sie sich während der Therapie fühlten und diese beurteilten.

5. Zusammenfassung

- a) Durch experimentelle Untersuchungen mit Heißpackungen wurden Wärmestromdichte- (ΔQ) und Temperatur- (T) Verläufe am Modell und an 5 Versuchspersonen ermittelt; daneben wurde die Hautwasserabgabe gemessen, das entstandene Erythem beurteilt und die subjektive Beurteilung geprüft.
- b) ΔQ und T wurden mit Hilfe eines Folienwärmestrommessers und eines Thermofühlers bei 5 Wiederholungsanwendungen an jeweils Schulter, Hüfte und Knie mit den Packungen, Heusack und Fangotherm gemessen. Die statistische Auswertung der EDV-gerecht aufbereiteten Daten zeigte:
- c) bei den untersuchten Packungsmaterialien zwei qualitativ verschiedene Verlaufsformen:
Beim Wärmeträger, bestehend aus einer ca. 3 mm starken sogenannten Einweg-Naturmoor-Packung, auf die ein 65°C heißer Moorbeutel gelegt wird, können l a n g s a m ansteigend sehr hohe und länger anhaltende ΔQ - und T-Verläufe erzielt werden.

Die weiteren, einheitlich auf 50°C erwärmten Packungsmaterialien werden direkt auf die Haut aufgelegt und unterscheiden sich jeweils nach einem p l ö t z l i c h e n sogenannten "initialen Wärmestoß" nur quantitativ in ihren Verläufen.

Parafango und Wärmeträger ascend erzielten die höchsten T- und ΔQ -Verläufe; der Heusack, Naturmoor und Heilerde liegen dicht beisammen in der Mitte. Bei der Fangothermkompreß ergaben sich die mit Abstand niedrigsten Werte.

- d) Die an Schulter, Hüfte und Knie gefundenen geringen quantitativen Unterschiede lassen sich vor allem auf anatomisch-physiologische Gegebenheiten zurückführen.

- e) Durch Abdeckung der Packungen können höhere und länger anhaltende T- und ΔQ -Verläufe erzielt werden.
- f) Die Diskussion zur Beurteilung der Anwendungen berührt u.a. zwei Therapieaspekte:
Ist eine langsam einschleichende und gleichbleibende hohe Wärmeanwendung gewünscht, so ist der sogenannte Wärmeträger die Packung der Wahl.
Für die Erzielung eines "initialen Wärmestoßes" mit einer stärkeren thermischen Reizwirkung ist dagegen Parafango, aber auch Heusack und Naturmoor geeigneter.
- g) Weiterhin ergab sich:
Bei der Befragung zur subjektiven Bewertung der Wärmeanwendungen mittels skalierten Fragebogen fiel das Urteil der Versuchspersonen eindeutig positiv aus. Die Anwendungen werden umso angenehmer empfunden, je gleichmäßiger der Temperaturverlauf war.
Die Messungen der Hautwasserabgabe bei den feuchtheißen Packungen lassen starke Quelleffekte der Epidermis vermuten.
Bezüglich der Erythembeurteilung zeigte sich, daß die Rötung nicht nur von der Höhe der Applikationstemperatur, sondern vor allem von der Temperaturhöhe am Ende der Anwendung abhängt.

Literaturverzeichnis

- 1 ANGELE, K.: Topographische Messungen der insensiblen Hautwasserabgabe und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen.
med. Diss. München, 1966
- 2 ASCHOFF, J.: Thermoregulation und Energiehaushalt
In: GAUER, KRAMER, JUNG (Hrsg.)
Urban & Schwarzenberg Verlag, 43 ff, 1974
- 3 ASCHOFF, Renate und Maria SCHABACKER: Subjektive Einschätzung von Gesundheitszustand und Kurserfolg
Med.Welt 28, 963-966, 1977
- 4 DIRNAGL, K.: Physikalische Grundlagen der lokalen Wärme- und Kältetherapie
Physikalische Med. 6, 4, 164-171, 1977
- 5 DIRNAGL, K.: Die Wirkfaktoren der Moorbäder
Die Heilkunst 6, 1957
- 6 DIRNAGL, K. und S. KAMM: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkungsweise von Moorbädern
Münchn.Med.Wochschr. 41, 2077-2082, 1952
- 7 DIRNAGL, K., GÖTZ, R. und P. MÜLLER: Experimentelle Untersuchungen über Moorbäder II
Münchn.Med.Wochschr. 11, 360-362, 1956
- 8 DISCHAUER, DISCHAUER und HAMACHER: Physikalische Therapie in Klinik und Praxis
Kohlhammer Verlag, 357 ff, 1977
- 9 DISCHAUER und HAMACHER: Erfahrungsbericht über Perozon-Fango-Paraffin
Der deutsche Badebetrieb und Physiotherapie 66, 3-6, Lübeck, 1975
- 10 DIXON, W.J. (Ed.): Biomedical Computer Programms HSCF
Univers.of Calif. Los Angeles 1968
- 11 DREXEL, H.: Materialien für Heißpackungen - spez. - Wirkung der Inhaltsstoffe
Physiotherapie 11, 67 Jg., 1976
- 12 DREXEL, H.: Kryo- und Thermootherapie in der orthopädischen Behandlung
Orthopädie 7, 266-273, 1978
- 13 DREXEL, H.: Persönliche Mitteilung, 1979

- 14 DREXEL, H.: Über den Wärmeaustausch im Bad und die Regelung der Körpertemperatur
Habilitationsschrift München, 1963
- 15 DREXEL, H., DIRNAGL, K. und W. KAMPE: Wärmestrommessung im Bade
Arch.phys.Ther.3, 1960
- 16 DREXEL, H.: In: GROBER: Lehrbuch der phys.Medizin Hydro- und Thermotheapie
Fischer Stuttgart, 266 ff., 1963
- 17 DREXEL, H.: Meßergebnisse über die Wärmeleitfähigkeit der Körperoberfläche
Arch.phys.Ther. 3, 1956
- 18 FRAY, J.: Zur thermischen Wirkung von Wickeln, Packungen und Teillichtbädern
med. Diss. München, 1964
- 19 FRÖHLICH, MÜLLER-LIMMROTH: Zur sedativen Wirkung des Kneipp'schen Heusacks und balneologischer Heupräparate
Münch.Med.Wochschr.118, 316, 1976
- 20 FRÖHLICH, MÜLLER-LIMMROTH: Physik. Untersuchungen zur thermotherapeutischen Wirkung des Kneipp'schen Heusacks
Münch.Med.Wochschr.117, 443-448, 1975
- 21 GANONG, W.F.: Lehrbuch der medizinischen Physiologie
Springer, Heidelberg-Berlin-New York
3. Aufl., S. 536, 1974
- 22 GERTHSEN, C. und KNESER H.O: Physik, Wärmelehre
Springer, Heidelberg-Berlin-New York
10. Aufl., 1969
- 23 GILLMANN: Lehrbuch der physikalischen Therapie
Thieme Verlag, Stuttgart, 1974
- 24 HARTOGH, H.: Praxis der Heißpackungen
Anwendungen - mögliche Fehler?
Physiotherapie 67, 639, 1976
- 25 HENSEL, H.: Mensch und warmblütige Tiere
In: PRACHT, CHRISTOPHSEN, HENSEL: Temperatur und Leben
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955
- 26 HEMMERICH, Evelyne: Hautwasserabgabe
med. Diss. München, 1977

- 27 HILDEBRANDT, G.: Ergebnisse der Rhythmusforschung und ihre Konsequenzen für die Praxis der Hydrotherapie
In: BRUGGEMANN, W.: Hydrotherapie
Sebastian-Kneipp-Zentralinstitut,
Bad-Wörishofen, 1973
- 28 JUNGEMANN, H.: Kreislaufwirkungen von Heißpackungen
Physiotherapie 67, 636, 1976
- 29 KLEINSCHMIDT, J.: Die Abhängigkeit der insensiblen Hautwasserabgabe von verschiedenen physikalischen und chemischen Einwirkfaktoren
Z.f.phys.Med. 1, 1977
- 30 KLEINSCHMIDT, J., DREXEL, H. und K. DIRNAGL:
Chemische Bäderwirkung
Münch.Med.Wochschr. 11, 1973
- 31 KLEINSCHMIDT, J.: Statistik und Datenverarbeitung im Rahmen der Institutsaufgaben
Bäder- und Klimaheilkunde, 1977
- 32 KLEINSCHMIDT, J.: Persönliche Mitteilung, 1979
- 33 KLEINSCHMIDT, J. und W. SCHNIZER: Exp. Untersuchungen zu thermischen Vorgängen bei der Anwendung von Heißpackungen. Physiother. 71, 2, 95-97, 1980
- 34 KLEINSCHMIDT, J.: Persönliche Mitteilung, 1980
- 35 PESCHKE, R.: Körpertemperatur bei Klimakammeraufenthalt
med. Diss. München, 1973
- 36 PIRLET, K.: Körperbau, Wärmehaushalt und individuelle Reaktionsweise
Arch.phys.Ther. 14 Jg. 1, 1962
- 37 QUENTIN, UDLUFT: Gutachten: Heilerde Gars/Inn
Inst.f.Wasserchem., TU München, 1978
- 38 RULFFS, W.: Praxis der Heißpackungen
Aufbereitung - mögliche Fehler?
Physiotherapie 67, 636, 1976
- 39 RULFFS, W.: Einweg Natur-Packung ascend, ein neues Prinzip von Heißpackungen
Der deutsche Badebetrieb und Physiotherapie 68, 3-8, 1977
- 40 SCHEMINZKY, KOMMA: Gutachen: Haslauer Moor Nr. 800/65
Forschungsinstitut Gastein, 1966

- 41 SCHNIZER, W.: Tierexperimentelle Versuche mit Heißpackungen, in Vorbereitung
- 42 SCHNIZER, KLEINSCHMIDT, DIRNAGL, BLOCHING:
Physikalische Grundlagen zur Anwendung von Heißpackungen
Physikalische Therapie 2, 2, 1981
- 43 SEDLMEIER, F.: Thermometrische und calorische Untersuchungen zur Kryotherapie
med. Diss. München, 1977
- 44 SIXTL, F.: Meßmethoden der Psychologie
Julius Betz Verlag, 1967
- 45 TRINKER, D.: Zentrale und periphere Wärmeregulation
D.Med. 7, 217-274, 1959
- 46 TRONNIER, H.: Bewertungsskala für Erytheme
In: KIEFER, J. (Hrsg.): UV-Strahlen
de Gruyter Verlag, Berlin, S. 603, 1977
- 47 UEXKÜLL, Th.v.: Grundfragen der psychosomatischen Medizin
Rowohlt's dt. Enzykl. 179, Reinbek, S.16, 1963
- 48 ÜBERLA, K.: Biomathematik, Erläuterungen zum GK II
München 1976
- 49 WITZLEB, E.: Physiologische Wirkungen von Heißpackungen,
Verteilung, Ausbreitung, Tiefenwirkung
Physiotherapie 67, 633 ff. 1976

7. Anhang: Zur Ermittlung der Wärmekapazität des Phantoms

Grundsätzlich sind mehrere Methoden denkbar, insbesondere

- Zufuhr einer definierten Wärmeenergie durch aufgeheiztes Wasser m_1 in das etwa nur zur Hälfte mit Wasser m_2 gefüllte Phantom; Umrechnung dieser Energie auf den Anteil zur Erwärmung von m_2 und den Anteil zur Erwärmung der übrigen Phantomteile
- Zufuhr einer definierten Wärmeenergie über den eingebauten Tauchsieder bei gefülltem Phantom (= Experimentierbedingungen bei den Packungsuntersuchungen); Umrechnung dieser Energie auf das gesamte Phantomsystem (einschließlich Wasserfüllung).

Wir benutzten beide Methoden, wobei sich Unterschiede in den ermittelten Werten für die Wasserkapazität ergaben, die auf die jeweilige Meßmethodik zurückgeführt werden können. Nachdem in beiden Fällen n i c h t die Energieabgabe durch Abstrahlung von der Phantomaußenfläche und/oder durch Konvektion der das Phantom umgebenden Raumluft berücksichtigt wird, werden hier nur die nach der zweiten Methode ermittelten Berechnungen wiedergegeben:

Ansatz:

$$\text{zugeführte Energie} = U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}} \times t = E_0$$

Annahme:

E_0 wird ausschließlich (=Idealisierung) zur Erwärmung des Phantoms M_{Ph} um T °C ausgenutzt.

Messungen:

$$U_{\text{eff}} = 220 \text{ V}; \quad I_{\text{eff}} = 0,99 \text{ A};$$

$$T: (39,2^{\circ}\text{C} - 26,9^{\circ}\text{C}); \quad (48,0^{\circ}\text{C} - 39,2^{\circ}\text{C})$$

$$t: 17,8 \text{ min}; \quad 17,7 \text{ min}$$

Man erkennt, daß mit höherer Temperatur die im Ansatz unberücksichtigten Wärmeabgaben an die Umgebung größer werden. Unterhalb von etwa 40°C war der Temperaturanstieg demgegenüber praktisch linear, so daß für die Berechnung nur dieser Bereich berücksichtigt wurde.

Berechnungen:

$$U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}} \times t(\text{min}) \times 60 \frac{(\text{sec})}{(\text{min})} \times 0,24 \frac{(\text{cal})}{(\text{Wsec})} = M_{\text{Ph}} \times T(^{\circ}\text{C})$$

$$220 \text{ V} \times 0,99 \text{ A} \times 17,8 \times 60 \times 0,24 / 12,3 = 4513 \text{ cal/Grad}$$

$$M_{\text{Ph}} = 4,5 \text{ kcal/Grad}$$

Tabellarische Aufstellung der Fragebogenergebnisse

Item Nr.: 1 Ich bin heute "sehr ausgeglichen" - "sehr gereizt"

	-2	-1	0	1	2	n
Wärmeträger 65°C	-	4	3	1	-	8
Parafango 50°C	-	1	4	1	-	6
Moorbrei 50°C	1	-	2	2	1	6
Heilerde 50°C	-	2	-	3	-	5
Heusack 50°C	1	1	3	1	-	6
Fangotharm 50°C	1	2	4	1	-	8

Item Nr.: 2 Ich fühle mich heute körperlich
"sehr frisch" - "sehr matt"

	-2	-1	0	1	2	n
Wärmeträger 65°C	-	3	4	1	-	8
Parafango 50°C	-	-	3	2	1	6
Moorbrei 50°C	1	-	2	1	2	6
Heilerde 50°C	-	3	1	1	-	5
Heusack 50°C	-	1	3	1	1	6
Fangotharm 50°C	-	1	2	3	1	8

Item Nr.: 3 Meine Stimmung ist im Vergleich zu gestern
"besser" - "gleich" - "schlechter"

	-2	-1	0	1	2	n
Wärmeträger 65°C	-	3	4	1	-	8
Parafango 50°C	-	2	2	2	-	6
Moorbrei 50°C	-	1	1	4	-	6
Heilerde 50°C	-	2	2	1	-	5
Heusack 50°C	-	3	2	2	-	6
Fangotharm 50°C	-	1	4	3	-	8

Item Nr.: 4 Ich empfand die Behandlung als
"sehr wohltuend" - "sehr belastigend"

Schulter

	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	3	4	-	-	1
Parafango 50°C	2	2	2	-	-
Moorbrei 50°C	2	2	2	-	-
Heilerde 50°C	-	1	1	3	-
Heusack 50°C	1	3	1	1	-
Fangotharm 50°C	1	2	3	2	-

Item Nr.: 5 Ich empfand die Behandlung als
"sehr wohltuend" - "sehr belastigend"

Hüfte

	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	3	4	-	-	1
Parafango 50°C	1	1	4	-	-
Moorbrei 50°C	3	2	1	-	-
Heilerde 50°C	-	1	2	1	1
Heusack 50°C	-	4	2	-	-
Fangotharm 50°C	1	1	2	4	-

Item Nr.: 6 Ich empfand die Behandlung
"sehr wohltuend" - "sehr belastigend"

Knie

	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	3	4	-	1
Parafango 50°C	2	2	2	-	-
Moorbrei 50°C	3	1	2	-	-
Heilerde 50°C	-	-	4	1	-
Heusack 50°C	2	1	3	-	-
Fangotharm 50°C	-	1	3	4	-

Item Nr.: 7 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Schulter zu Beginn</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	1	-	5	1	1
Parafango 50°C	-	-	2	3	1
Moorbrei 50°C	-	1	5	-	-
Heilerde 50°C	-	-	2	3	-
Heusack 50°C	2	1	3	-	-
Fangotharm 50°C	1	-	1	1	5

Item Nr.: 8 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Hüfte zu Beginn</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	1	6	1	-
Parafango 50°C	-	-	2	3	1
Moorbrei 50°C	-	1	4	1	-
Heilerde 50°C	-	-	3	2	-
Heusack 50°C	-	-	3	2	1
Fangotharm 50°C	1	-	1	1	5

Item Nr.: 9 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Knie zu Beginn</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	-	7	1	-
Parafango 50°C	-	-	2	3	1
Moorbrei 50°C	-	1	5	-	-
Heilerde 50°C	-	-	4	1	-
Heusack 50°C	2	1	3	-	-
Fangotharm 50°C	1	-	1	1	5

Item Nr.: 10 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Schulter</u> <u>zwischen</u> <u>durch</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	-	8	-	-
Parafango 50°C	-	-	5	1	-
Moorbrei 50°C	-	2	4	-	-
Heilerde 50°C	-	3	2	-	-
Heusack 50°C	-	-	6	-	-
Fangotharm 50°C	1	1	6	-	-

Item Nr.: 11 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Hüfte</u> <u>zwischen</u> <u>durch</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	-	8	-	-
Parafango 50°C	-	-	5	1	-
Moorbrei 50°C	-	2	4	-	-
Heilerde 50°C	1	2	2	-	-
Heusack 50°C	-	1	5	-	-
Fangotharm 50°C	1	1	6	-	-

Item Nr.: 12 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Knie</u> <u>zwischen</u> <u>durch</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	-	8	-	-
Parafango 50°C	-	-	5	1	-
Moorbrei 50°C	-	2	4	-	-
Heilerde 50°C	-	3	2	-	-
Heusack 50°C	-	1	5	-	-
Fangotharm 50°C	1	1	6	-	-

Item Nr.: 13 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Schulter</u> <u>zu Ende</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	3	5	-	-
Parafango 50°C	1	-	4	1	-
Moorbrei 50°C	2	-	4	-	-
Heilerde 50°C	2	3	-	-	-
Heusack 50°C	3	-	3	-	-
Fangotherrn 50°C	4	1	3	-	-

Item Nr.: 14 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Hüfte</u> <u>zu Ende</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	3	5	-	-
Parafango 50°C	1	-	4	1	-
Moorbrei 50°C	2	1	3	-	-
Heilerde 50°C	2	3	-	-	-
Heusack 50°C	3	-	3	-	-
Fangotherrn 50°C	4	1	3	-	-

Item Nr.: 15 Die Temperatur bei der Wärmeanwendung war mir
"nicht warm genug" - "zu warm"

<u>Knie</u> <u>zu Ende</u>	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	-	3	5	-	-
Parafango 50°C	1	-	4	1	-
Moorbrei 50°C	2	-	4	-	-
Heilerde 50°C	2	3	-	-	-
Heusack 50°C	2	4	-	-	-
Fangotherrn 50°C	4	1	3	-	-

Item Nr.: 16 Insgesamt empfand ich die Wärmeanwendung
"sehr entspannend" - "sehr beklemmend"

	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	2	4	1	1	-
Parafango 50°C	1	3	1	1	-
Moorbrei 50°C	2	3	1	-	-
Heilerde 50°C	-	1	4	-	-
Heusack 50°C	2	4	-	-	-
Fangotharm 50°C	-	5	2	1	-

Item Nr.: 17 Insgesamt empfand ich die Wärmeanwendung
"sehr angenehm" - "sehr ermüdend"

	-2	-1	0	1	2
Wärmeträger 65°C	2	4	-	1	1
Parafango 50°C	1	3	1	-	1
Moorbrei 50°C	1	4	-	1	-
Heilerde 50°C	-	2	3	-	-
Heusack 50°C	1	4	-	1	-
Fangotharm 50°C	1	4	2	-	-

8. Danksagung

Herrn Prof. Dr. Heinrich Drexel und Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schnizer möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas und die wertvollen Anregungen danken.

Zu ganz besonderem Dank verpflichtet bin ich Herrn Dipl.-Phys. Dr. Jürgen Kleinschmidt, der mir bei der Durchführung und der EDV-Auswertung der Arbeit stets hilfreich zur Seite stand.

Weiterhin bin ich allen Mitarbeitern des Instituts und der Firma Gebrüder Haslauer (Salzburg) für ihre Unterstützung zum Gelingen der Arbeit dankbar.

9. Lebenslauf

Am 30. April 1951 wurde ich als Sohn des Friseurmeisters Hermann Bloching und seiner Frau Marianne, geb. Mayr, in Marktoberdorf/Allgäu geboren.

Von 1958 bis 1964 besuchte ich die Grundschule, von 1964 bis 1968 die Realschule, die ich mit der Mittleren Reife verließ.

Im August 1968 begann ich eine Friseurlehre im elterlichen Betrieb, die ich im Herbst 1970 mit der Gesellenprüfung beendete. Daran anschließend arbeitete ich bis Herbst 1972 in einem Friseurgeschäft in München/Ottobrunn.

Im Januar 1973 trat ich ins München-Kolleg (Institut zur Erlangung der Hochschulreife) ein und legte dort im Mai 1975 die Reifeprüfung ab. Im Herbst 1975 bestand ich vor der Handwerkskammer München die Meisterprüfung im Friseurhandwerk.

Im Wintersemester 1975/76 begann ich das Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, das ich im Mai 1982 mit dem 3. Teil des Staatsexamens nach der Approbationsordnung abgeschlossen habe.

